


EX BIBLIOTECÂ
D. A. de VLLOA









# OBSERVACIONES
## ASTRONOMICAS, Y PHISICAS
HECHAS
DE ORDEN DE S. MAG.
EN
## LOS REYNOS DEL PERÙ.



I.s á Palom.o sculp.r Reg.s inv. del. et incidit.

# OBSERVACIONES
## ASTRONOMICAS, Y PHISICAS
HECHAS
DE ORDEN DE S. MAG.
EN
## LOS REYNOS DEL PERÙ

Por D. JORGE JUAN *Comendador de Aliaga en el Orden de S. Juan, Socio Correspondiente de la R. Academia de las Ciencias de Parìs, y* D. ANTONIO DE ULLOA, *de la R. Sociedad de Londres, ambos Capitanes de Fragata de la R. Armada;*

DE LAS QUALES SE DEDUCE
## LA FIGURA, Y MAGNITUD
# DE LA TIERRA,
Y SE APLICA
## A LA NAVEGACION.



IMPRESSO DE ORDEN DEL REY NUESTRO SEÑOR
EN MADRID
Por JUAN DE ZUÑIGA, Año M.D.CC.XL.VIII.

# PROLOGO.

UNo de los teſtimonios mas relevantes del zelo, con que ſolicitò el adelantamiento de las Ciencias en Eſpaña el Rey N. S. Don Phelipe Quinto, que eſtà en el Cielo, fuè ſin duda la generoſa reſolucion, con que no ſolo permitiò paſſar à ſus Reynos de la America Meridionàl los Academicos Franceſes deſtinados à tomar en ellos la medida del grado terreſtre debaxo del Equador; ſino que quiſo tambien, que los acompañaſſen Vaſſallos ſuyos, que à ſus Reales expenſas executaſſen eſtas, y otras Obſervaciones. La eleccion de Sugetos recayò en *Don Antonio de Ulloa*, y en mì, que la eſtimamos, aun mas que por las particularidades, que en tan dilatado Viage ſe nos ofrecìan examinar, por la recomendacion ſingular, que en sì miſma traía tan ſoberana dignacion.

Salímos de Europa por Mayo de 1735, y eſtuvimos en ella de regreſſo, deſpues de dàr

dàr cumplimiento à nueſtra comiſsion en el de 1746. Pero todo el trabajo de una peregrinacion de once años, hecha con tantas incomodidades, y peligros, como ſe podràn vèr en la parte hiſtorica de eſta Obra, huviera ſido inutil, à lo menos al Publico de nueſtra Nacion, por faltarnos la alta proteccion, y amparo del Monarcha, que nos embiò, ſi yà que à nueſtra vuelta, lloramos ſu falta, no tuvieramos el conſuelo de vèr ſobre ſu Trono un tan eſclarecido Suceſſor, aun mas que de ſu Cetro, y de ſu Sangre, de ſu Zelo, y de ſus Virtudes. Pues apenas ſe hallò informado S. M. por el zeloſo, y ſabio Miniſtro el Ex.mo Señor *Marquès de la Enſenada* de nueſtro regreſſo à *Madrid*, y quan util ſería al adelantamiento de las Ciencias, y bien univerſal de las Naciones de Europa, ſe publicaſſe eſta Obra, quando no ſolo diſpuſo con ſu Real magnificencia ſe dieſſe al publico à coſta de ſu Real Erario; ſino que la honrò conſtituyendoſe Protector de ella.

En conſequencia de ſus ſoberanas Ordenes, hemos diſpueſto nueſtro trabajo con la mayor brevedad, que nos ha ſido poſsible; por

por eſte motivo, y para mayor claridad, y buen methodo le hemos dividido en dos partes. La una ( de que ſe ha encargado *Don Antonio de Ulloa* ) contiene la relacion del Viage, Mapas, Deſcripciones de Paìſes, y noticias de todo lo que ſe halla de particular en los Reynos del Perù, por donde hemos tranſitado. La otra, que es la que comprehende eſte Volumen, ha corrido à mi cargo, y encierra todas las Obſervaciones Aſtronomicas, y Phiſicas, que executamos, yà para el fin principal de nueſtro Viage, yà para otros, que ſe ſirviò ordenarnos en ſu Real Inſtrucion S. M.

El principal fin del Viage, fuè el averiguar el verdadero valor de un grado terreſtre ſobre el Equador, para que cotejado èſte con el que reſultaſſe tener el grado, que havìan de medir los Aſtronomos, embiados para eſto al Norte, ſe infirieſſe ſin duda, de uno, y otro, la figura de la Tierra, y demàs de ſu utilidad, ſe decidieſſe de una vez, con tan iluſtres experiencias, eſta ruidoſa queſtion, que ha agitado à todos los Mathematicos, y aun à las Naciones enteras por caſi un Siglo. Pe-

Pero porque al miſmo tiempo nos ordenò S.M. que hicieſſemos otras varias Obſervaciones muy importantes para la Geographía, y Navegacion, teniendo èſtas, como tienen, total dependencia de la medida, y figura de la Tierra, y ſiendo bien, que vayan delante, para deſembarazarnos de ellas, y para llegar con las luces neceſſarias al objeto principal, el methodo, que nos hemos propueſto obſervar, es el ſiguiente.

La Introduccion dà una breve idèa de la queſtion principal, y de los motivos cientificos de tan largas, y tan coſtoſas jornadas.

El Libro primero contiene las Obſervaciones ſobre la maxima Obliquidad de la Ecliptica, y determinacion de ella, con la deſcripcion del Inſtrumento, con que ſe hicieron.

El ſegundo contiene las Obſervaciones de Latitud hechas en todo el diſcurſo del Viage, con una breve deſcripcion del Quarto de Circulo, con que ſe executaron; y una Tabla de las Declinaciones del Sol para cada 15 minutos de la Ecliptica, con diferencias para cada minuto, y otras, para cada 10 ſegun-

gundos de mayor, ò menor Obliquidad, nuevamente calculada, y diſtinta de las antiguas.

El tercero, las Obſervaciones de las Immerſiones, y Emerſiones de los Satelites de Jupiter, como aſsimiſmo de los Eclipſes de Luna; de las quales ſe deduce la Longitud de los Lugares.

El quarto, las Experiencias hechas ſobre la dilatacion, y compreſsion de los Metales por cauſa de el Calor, ò Frio; con la Tabla de lo que ſe dilatan, por cada 10 grados de diferencia del Thermometro de *M. de Reaumur*.

El quinto, las Experiencias del Barometro ſimple, de las quales ſe deduce la ley con que ſe dilata, y comprime el Ayre; el methodo de hallar la altura de los Montes, ò Cerros en la Zona Torrida, y la de la Atmoſphera ſenſible.

El ſexto, las Experiencias ſobre la velocidad del Sonido, y determinacion de lo que corre en un ſegundo de tiempo en la Zona Torrida; todo aplicado à varios caſos de Geographía, y Navegacion.

El ſeptimo, la medida del grado de Meridiano terreſtre contiguo al Equador, con la explicacion del methodo que ſe tuvo en medirle, conſtruccion, y uſo del Inſtrumento de 20 pies de radio, con que ſe hicieron las Obſervaciones Aſtronomicas, y concluſion de la razon del Exe de la Tierra al Diametro del Equador.

El octavo, las Experiencias del Pendulo ſimple; la deſcripcion del Inſtrumento, con que ſe executaron; y determinacion de la Figura de la Tierra; ſobre la qual ſe dàn Tablas del valor de cada grado del Meridiano terreſtre, y de la longitud del Pendulo para cada Latitud.

El noveno, y ultimo, la practica de la Navegacion ſobre la figura de la Tierra, yà determinada; con una nueva Tabla de partes Meridionales, para el uſo de la miſma practica.

Advierto ultimamente, que ſiendo muchas de las coſas, que ſe tocan en eſta Obra de muy ſublime Geometría, he procurado explicarme del modo mas claro, y perceptible, para que me entiendan aun los no muy

ver-

verſados en ſus abſtruſas eſpeculaciones. De eſto ſe deberàn hacer cargo los grandes Geometras, à quienes parecieſſen algunas explicaciones demaſiado largas, ò poco neceſſarias; y por el contrario, ſi los no muy verſados en Geometrìa no comprehendieſſen algunos Calculos, podràn hacernos la juſticia de ſuponer la demonſtracion de la Propoſicion, como dada, enterados, de que no ſerà facil hallar explicacion, que les ſoſſiegue, ſin adquirir otros principios. Con el que ningunos tuvieſſe, no puede hablar una Obra, en que no ſe dàn èſtos, ſino que ſe ſuponen; pues para darlos todos, fueran ſin duda neceſſarios otros volumenes, y aun acaſo no ſe darían con ellos por ſatisfechos.

# ERRATAS.

| Paginas. | Lineas. | Erratas. | Lee. |
|---|---|---|---|
| xiij | 7 | que accion | que la accion |
| xv | 23 | es de | desde |
| xv | 23 | ddicho | dicho |
| 3 | 8 | exictud | exactitud |
| 9 | 10 | KS | Ks |
| 13 | 23 | en | de |
| 17 | 20 | $37\frac{1}{2}$ | $17\frac{1}{2}$ |
| 42 | ultima | Boguer | Bouguer |
| 44 | 14 | 00 01 24 $00\frac{2}{3}$ | $00^{\circ}\ 01'\ 24''\ 00'''\frac{2}{3}$ |
| 44 | 25 | *Cuenta* | *Cuenca* |
| 52 | 26 | duda | dada |
| 97 | 1 | VI. | V. |
| 127 | 21 | termino | terminos |
| 127 | 26 | le reduce | la reduce |
| 133 | 6 | Si andan | Si anda |
| 135 | 18 | *Hamsteed* | *Flamsteed* |
| 141 | 23 | *M.Huguens* | *M.Huygens* |
| 147 | 17 | se le clavaron | se les clavaron |
| 154 | Nota | *M.Huguens* | *M.Huygens* |
| 167 | 1 | examinada | examinado |
| 205 | 6 | à la qual se le añaden | à la qual si se le añaden |
| 208 | 19 | $\omega\gamma$ | $\alpha\gamma$ |
| 209 | 9 | Distencia | Distancia |
| 268 | 22 | 1283 | $1267\frac{1}{2}$ |
| 306 | 16 | à esto | à este |
| 313 | 17 | de longitud | de la longitud |
| 328 | 17 | sobra | sabrà |
| 377 | 6 | è infinitamente inmediata à ella, y tambien la ON, | è infinitamente inmediata à ella la ON, |
| 338 | 10 | resula | resulta. |

IN-

# INDICE DE LOS LIBROS, y Capitulos.

## LIBRO I.

Obſervaciones ſobre la maxima Obliquidad de la Ecliptica.



## LIBRO II.

Obſervaciones de Latitud.



## LIBRO III.

Obſervaciones de las Immerſiones, y Emerſiones de los Satelites de Jupiter, como de los Eclipſes de Luna.



IV.

LIBRO IV.



LIBRO V.

Sobre las Experiencias del Barometro simple.



LIBRO VI.

De la Velocidad del Sonido.



LIBRO VII.

De la medida del grado de Meridiano contiguo al Equador.

SECCION I.

Determinacion de la medida geometrica, segun las Observaciones de Don Jorge Juan.

## SECCION II.

Determinacion de la mèdida geometrica segun las Observaciones de *Don Antonio de Ulloa.*



## SECCION III.

Sobre la amplitud del Arco comprehendido entre los dos Observatorios.



LI.

## LIBRO VIII.

### De las Experiencias del Pendulo simple, y conclusion de la Figura de la Tierra.



## LIBRO IX.

### De la Navegacion sobre la Elipsoide.



OBSER-

# INTRODUCCION.



N todos los Siglos, deſde el principio del tiempo, ha ſido combatida la ignorancia, ſin que aun en los mas remotos dexaſſe de haver alguno, que, atraìdo de la hermoſura de la Sabiduría, buſcaſſe con continuadas eſpeculaciones la verdad; pero eſpecialmente de un Siglo à eſta parte, uniendo à las noticias de nueſtros mayores, y à ſus paſſadas eſpeculaciones, otras de nuevo, no ſolas, y deſamparadas, ſino, que ademàs de un tenàz eſtudio, gaſto de ſumas inmenſas, cuydado, y zelo de Principes, las ha acompañado la practica mas ſolicita, y mas exacta, que cabe en cuydado, y diligencia humana; à fin de averiguar, ſi ſe unían entre sì, y ſe concordaban aquella eſpeculativa con eſta practica, para ſacar de ſu combinacion, y con el riego de eſtos ſudores el fruto de la verdad.

No harémos ahora una faſtidioſa induccion de lo que todos ſaben; el Mundo eſtà lleno de Libros en que ſe vèn los varios examenes, que ha hecho la razon, y la experiencia, de la naturaleza, y de todas ſus partes en eſtos ultimos tiempos. Contentarémonos pues con proponer una de las mas iluſtres pruebas de eſta verdad en la queſtion ſobre la figura de la Tierra, que acaba de decidirſe con nueſtras Obſervaciones, la qual explicarémos brevemente, tomando el agua de algo mas arriba, para que el Lector entre à oìr la deciſsion, y la prueba inſtruìdo yà de la razon de la duda.

Antes que se tuviera la luz clara de las Ciencias, y que se emprehendieran grandes Viages sobre la superficie del globo terraqueo, es natural, que fuesse general entre los hombres la opinion del famoso *Heraclito*, que juzgaba ser la Tierra una grande, y casi inmensa llanura: pues aun hasta poco ha los Philisophos Chinos, encerrados siempre en su Imperio, aunque por otra parte tan aplicados al cultivo de las Ciencias, han tenido por proverbio el decir *tien*, *yuen*, *ti fam*: esto es, el Cielo es redondo; pero la Tierra quadrada. A esta opinion induce el primer examen de nuestra vista; pues por mas que se camine sobre la Tierra, siempre parece llana en lo que se descubre, y aun mas llanas las Aguas, quando se navega; sin que deban ser de consideracion las desigualdades de los Montes, y Valles, comparadas con la vastissima extension de la superficie. Con todo esso no parece, que passò mucho tiempo despues de haver empezado el cultivo de las Ciencias con mas exactitud, sin que por otras reflexiones mas sólidas se conociesse la falsedad de esta imaginacion. No hablémos ahora de los Caldéos, y Egypcios, cuyas Observaciones de prodigiosa antiguedad son dudosas, y desconocidas. Entre los Griegos mismos no durò mucho la opinion de *Heraclito*, ni las monstruosas sentencias de *Anaximandro*, y de *Leucippo*, que creìan ser la Tierra, el primero una Coluna redonda, y el segundo un Cilindro, ò en forma de una Caxa militar; ni las extravagancias de *Cleanthes*, y de *Democrito*, que la creyeron concava, uno en figura de una Barca, y otro de un Disco; ni tampoco las otras opiniones, que pueden verse en *Aristoteles*, *Plutarcho*, y *Diogenes Laercio*: pues *Parmenides*, Discipulo, y Amigo de *Xenophanes*, cuyo nombre diò *Platòn* à su Dialogo de las

idèas

idèas, fuè el primero, que demonstrò, segun dice *Aristoteles*, la esphericidad, ò redondèz de la Tierra; y despues de èl *Thales Mylesio*, que floreciò casi seiscientos años antes de Christo, siguiendo la misma sentencia, aunque añadiendo, que la Tierra sobrenada en las Aguas, predixo los Eclipses el primero de todos los Griegos, segun el testimonio de *Plinio*. Es creìble, que les hiciesse persuadir la esphericidad de el globo terraqueo à aquellos antiguos Maestros el advertir el orden con que se descubren, y se ocultan à quien camina, ò à quien navega las alturas de los Montes, las Torres, y las cumbres de los edificios, y las demàs eminencias de la Tierra; que à esto se añadiesse, el notar la mutacion de altura de las Estrellas circumpolares, segun los varios lugares mas, ò menos distantes de los Polos desde donde las observassen; lo que no sucederìa siendo perfectamente llana la Superficie; y que ultimamente à alguno se le ofreciesse la razon, con que fundados en diversos principios, pretendieron demonstrar por diversos medios la esphericidad de la Superficie de las Aguas *Aristoteles*, y *Arquimedes*. Pero la razon mas simple para atribuir à la Tierra esta figura se tomarìa sin duda de que asi aparece su sombra en los Eclipses Lunares; sombra, que no podìan dexar de atribuir à la Tierra, despues que dexaron los Sabios para sola la credulidad del vulgo los vanos terrores, que sobre los Eclipses engendrò la ignorancia, y su fiel compañera la supersticion. Al fin de qualquier modo quedò establecida desde entonces la esphericidad, ò redondèz perfecta de la Tierra tan solidamente, que no se ha dudado de ello en todos los Siglos siguientes hasta el passado.

Sentada yà como inconteſtable la figura de la Tierra, reſtaba aun otra mayor dificultad, que era el medir ſu magnitud, aſsi para deducir la extenſion de ſu Circunferencia, como la de ſu Diametro; conocimiento tan eſſencial para las Ciencias, como dificil en ſu execucion. El medirla totalmente era impoſsible, ſiendo tan enorme la extenſion de ſu Superficie, cortada por todas partes con Mares, Lagos, Rios, Montes, y precipicios impenetrables à las limitadas fuerzas humanas. Pero aunque eſtos inconvenientes hicieſſen impoſsible la operacion total, quedaba el hacerla por partes. Y en efecto parece, que en tiempo de *Ariſtoteles*, no ſolo ſe havìan dado eſpecies para allanar la dificultad; ſino que tambien ſe havìan hecho operaciones, y medidas: pues en el Libro 2 de *Cœlo* text. ult. alegando las experiencias de los Mathematicos de ſu tiempo ſeñala 400000 Eſtadios à la Circunferencia de la Tierra; y reprobando el ſentir de *Xenophanes*, que la tenìa por inconmenſurable, dice, que por poco que ſe camine àcia el Medio dia, ò Septentrion, ſe alteraba manifieſtamente el Horizonte; y que las Eſtrellas, que ſe veìan en *Egypto*, y las cercanìas de *Chipre*, no ſe veìan en los Paìſes Septentrionales; y algunas, que parecìan continuamente ſobre eſtos Paìſes, ſe ponìan en *Egypto*, y *Chipre*; por lo que debìa inferirſe no ſolamente, que la Tierra era eſpherica, ſino que no era de la magnitud, que ſe diſcurrìa.

No explica eſte gran Philoſopho, como llegaron los Geometras de ſu tiempo, à determinar la dicha magnitud de la Tierra de 400000 Eſtadios; pero ſin embargo parece, que ſu idèa ſobre la mutacion de los Aſtros en altura, ſugiriò deſpues el methodo de medir la Tierra, que deſpues

pues practicaron los Geometras posteriores con algunas correcciones, y enmiendas. Porque una de las propiedades de los Circulos de la Esphera, cuya figura se suponìa tener la Tierra, es la de corresponder iguales arcos de su Circunferencia à iguales angulos, ò mutaciones del Horizonte; con que midiendo una porcion de Circulo, y examinando, à què angulo le correspondía, se tenìa la total circunferencia, aumentando la cantidad medida en la misma razon, que se hallasse el angulo observado con quatro rectos.

De este methodo se valiò *Eratosthenes Prefecto*, de la famosa Bibliotheca de Alexandrìa, en tiempo de *Ptolomeo Evergetes*, casi tres Siglos antes del nacimiento del Señor, el qual, segun el elogio de *Plinio*, excediò à los demàs en todo genero de literatura, y particularmente en las Ciencias Mathematicas, que debieron singulares descubrimientos à su ingenio, y aplicacion. El methodo, con que hizo *Eratosthenes* su hallazgo, tan altamente celebrado de los antiguos, nos ha quedado escrito en *Cleomedes*, y se puede vèr à la larga en los modernos, especialmente en el *Eratosthenes Bastavo* de *Snellio*, y en la *Geographía reformada* del *P. Ricciolo*; reducido à compendio es de este modo. Sabìa este grande Astronomo, que *Syene*, Ciudad de *Egypto* àcia los confines de la *Ethiopia*, estaba perfectamente debaxo del Tropico, y que por consiguiente al tiempo del Solsticio Estival passaba el Sol por su Zenith. Confirmabase esto, yà por un Pozo profundo, que para esta Observacion tenìan hecho, cavado perpendicularmente, el qual en el Medio dia del Solsticio se iluminaba todo, herido por todos lados de los rayos del Sol hasta el Agua; y yà porque en 150 Estadios al rededor de *Syene*,

no

no hacían ſombra alguna à la miſma hora los Eſtilos, ò Gnomones, levantados tambien perpendicularmente al Horizonte. Suponìa ademàs de eſſo *Eratoſthenes*, que *Alexandrìa*, y *Syene* eſtaban baxo un miſmo Meridiano, y que la diſtancia entre las dos Ciudades era de 5000 Eſtadios. El dia pues del Solſticio Eſtival colocò en *Alexandrìa* un Emiſpherio concavo, de cuyo centro ſalìa un Eſtilo, levantado perpendicularmente al plano del Horizonte, y notando la ſombra, que à la hora miſma del Solſticio hacìa el Eſtilo dentro del Emiſpherio, viò, que el arco, que comprehendìa èſta, era la quinquageſsima parte del Circulo, cuyo centro era el apice del Eſtilo, y que por conſiguiente la diſtancia entre *Alexandrìa*, y *Syene* era la quinquageſsima parte del Circulo maximo, ò circunferencia de la Tierra; y aſsi multiplicando los 5000 Eſtadios por 50, ſacò ſer la magnitud total de 250000; cuyo numero partido luego en 360 grados, en que ſe divide todo Circulo, cupo à cada grado terreſtre la cantidad de $694\frac{4}{6}$; bien que por evitar el embarazo de los numeros quebrados ſe alargò cada grado haſta 7000 Eſtadios, y aſsi la ſuma total es de 252000 en la Circunferencia; y de eſte modo la cuentan *Plinio*, *Eſtrabon*, *Vitrubio*, y otros.

Otras muchas medidas pudieramos añadir de los antiguos, como la del cèlebre *Poſsidonio* de *Rhodas*, que mereciò la viſita del gran *Pompeyo*, à cuya ſabidurìa ſometiò los haces lictorios, al volver de la guerra contra *Mithridàtes*, aquel à quien adoraba el Oriente, y Occidente, como dice *Plinio*; la famoſa, que mandò hacer el Sabio, y magnifico *Maymon*, ò *Almamon*, *Califa* de *Babylonia*, en *Singàr*, ò Campos de *Senaar* en la Meſopotamia, y otras, que ſe pueden vèr en los citados Authores. Baſta para nueſ-

nueſtro aſſumpto haver dado una idèa del modo con que ſe hicieron, y haver apuntado quanta diligencia puſieron en eſto nueſtros mayores; ſi bien por lo demàs ſirven de poco aquellas medidas, hechas por ſupoſicion, en el tiempo preſente, en que ſe executan con tal delicadeza, que no parece puede llegar à mas la diligencia humana. Ademàs de que, aun quando huvieſſen ſido hechas con mucha mayor exaccion, reſtarìa ſiempre la dificultad de ajuſtar la razon en que ſe hallan ſus medidas con las nueſtras; y aun teniendo ſeguro eſte conocimiento, es cierto, que jamàs las antiguas tuvieron el grado de preciſion, que ſe pide en las del dia de hoy.

Tampoco nos detendrèmos en algunas de las que ſe han hecho, deſpues del reſtablecimiento de las Ciencias en Europa, como la de *Fernelio* en *Parìs*, por los años de 1525; la de *Norvood* en *Londres*, y *Yorch*, por los de 1635, aunque de las mas exactas; ni en los methodos por *Clavio*, *Keplero*, *Grimbergero*, y otros. Baſtarà decir, que *Wilebrordo Snellio*, y el *P. Juan Bautiſta Ricciolo* hicieron en *Holanda*, y en *Italia* los mas ingenioſos esfuerzos, para determinar el valor de un grado. Midiò el primero geometricamente la diſtancia entre *Alcmaer*, y *Bergopzom*, cuya diferencia en Latitud halló ſer de un grado, y once minutos y medio, de donde determinò el grado terreſtre de 28473 pertigas del *Rhin*; y por la diſtancia entre *Alcmaer*, y *Leyden* diſtantes, ſegun ſus calculos 35400 paſſos de 28510; y tomando un medio entre eſtas dos determinaciones, concluyò el grado terreſtre de 28500 pertigas del *Rhin*, que equivalen à 55021 toeſas [a] del *piè de Rey de Parìs*; medida que deſpues repitiò, y corrigiò *M. Muſchenbroch*, determi-

[a] La toeſa de *Parìs* conſta de 6 pies de Rey de *Parìs*.

minando el grado entre *Alcmaer*, y *Bergopzom* de 29514 pertigas, 2 pies, y 3 pulgadas del *Rhin*, que ſon 57033 toeſas, 00 pies, y 8 pulgadas de *Parìs.*

El ſegundo, deſpues de prolixas, y repetidas Obſervaciones en *Bolonia* con el *P. Grimaldi*, hallò el grado terreſtre de 64362 paſſos de *Bolonia*, que equivalen à 62650 toeſas del *pié de Rey de Parìs.*

A primera viſta ſe deſcubre la enorme diferencia de eſtas dos cèlebres medidas, que es de 7629 toeſas por grado, y hacen à la Tierra caſi la octava parte mayor por la una, que por la otra. Intolerable era la duda, que nace neceſſariamente de eſta diferencia, ſobre un aſſumpto tan importante à la Geographìa, y Navegacion, ò por decirlo mejor, de que dependen como de principio; y en un tiempo en que con la proteccion de los Soberanos iban floreciendo las Ciencias, y las Artes haſta el punto increíble, en que las admira la Europa, paſmada de sì miſma. Y aſsi la Academia Real de *Parìs*, fundada por aquel tiempo, y promovida por la incomparable munificencia del gran *Luis* XIV, tuvo por uno de ſus principales objetos deſde ſu ereccion, el examen de eſte punto tan deſeado, como controvertido; y à ſu repreſentacion aquel Monarcha, mayor que todo elogio, mandò à *M. Picard*, uno de los Miembros mas diſtinguidos de la Academia, que ſin perdonar trabajo, ni coſta alguna executaſſe con quanta delicadeza fueſſe poſsible la medida deſeada. Hizolo *M. Picard* con todo el cuidado, que pedìa el deſempeño de la confianza de tan gran Rey, midiendo geometricamente las diſtancias entre *Parìs*, *Malvoeſine*, *Sourdon*, y *Amiens*, que determinò aſsimiſmo aſtronomicamente, con no menos ſutileza; y hallò por ellos el grado terreſtre de 57060

toe-

toesas. El explicar el delicadissimo primor, con que practicò sus operaciones, y concluyò su medida, no es de este lugar; los curiosos pueden verlo en sus Obras, y en las *Memorias de la Academia*; solo no dexarè de añadir, que èl fuè el primero, que aplicò à los Quartos de Circulo, de quien nos debemos valer para la practica de medidas como la suya, anteojos,[a] con los que llegò este Instrumento al grado mayor de perfeccion.

Todo el Mundo hasta entonces havìa creìdo, y creìa, que el Globo terraqueo era perfectamente esphérico, excepto las desigualdades de los Montes, de ninguna consideracion en tanta magnitud; à nadie hasta entonces se havìa ofrecido, que la figura de la Tierra dexasse de ser una redondissima bola, y por consiguiente, en esta suposicion, se creyò, que *M. Picard* havìa yà decidido la question del valor de cada grado, pues no se dudaba, que fuessen del todo iguales los 360, en que se divide la Circunferencia de la Tierra, y que cada uno tuviesse la misma longitud de 57060 toesas, que havìa hallado *M. Picard* en los que midiò.

Pero como yà el dia de hoy los Philosophos, y Mathematicos, sacudida la antigua servidumbre, lexos de seguir ciegamente las sentencias de los mayores, las desamparan sin dificultad, siempre que las experiencias bien justificadas persuaden à lo contrario, no tardò mucho tiempo en dexar de ser tenida por concluyente para toda la Circunferencia la determinacion de *M. Picard*; porque no tardò en dudarse, si la Tierra era, ò no perfectamente esphérica; y bien presto se decidiò, que ciertamente no lo era, aunque

a Historia de la Academia de las Ciencias de *Parìs*, Tom. I. pag. 127.

que ſe dudò por mucho tiempo de ſu verdadera figura; divididos los Philoſophos en diſtintas, y contrarias opiniones. Dos experiencias, ſobre que ſe formaban muy diverſas reflexiones, fueron el fundamento de la diviſion. Una fuè el hallazgo de la diverſa gravedad en los Pendulos; y otra la medida de los grados de todo el Meridiano, que atravieſſa la *Francia*, hechas por *M. M. Caſsini* Padre, è Hijo, con *M. M. de la Hire*, *Maraldi*, *Couplet*, *Chazelles*, y aſſociados. Una, y otra ſon dignas de que nos detengamos algo mas en ſu explicacion, y en las reflexiones, que ſobre ellas hacìan los Philoſophos, y Mathematicos, pues en eſto conſiſte la controverſia, que hemos de decidir.

Apenas havìa publicado el cèlebre *Chriſtiano Huygens* de *Zulichem* ſu doctiſsimo *Oſcilatorio*, en que perfeccionando la ingenioſa invencion de los Pendulos, pretendìa dàr en ellos una medida cierta, ſegura, invariable, y univerſal para todas las partes del Mundo ( porque ſe creìa, que en todas ellas, ſiendo perfectamente eſphérica, havìan de hacer las miſmas oſcilaciones, ù vibraciones los Pendulos de igual longitud ) quando *M. Richer*, haviendo navegado deſde la *Francia* à la *Cayenna*, que eſtà en la America Meridional ſolo diſtante $4^{\circ}\ 56'\ 17\frac{1}{2}''$, ò caſi 5 grados del Equador, hallò en el mes de Agoſto del año de 1672, que la Pendula del Relox, que havìa ſacado de *París*, ſiendo de la miſma longitud, tardaba mas tiempo en hacer las oſcilaciones; ò por el contrario, que no hacìa las miſmas oſcilaciones en el miſmo tiempo, que en *Parìs*, y que el Relox ſe atraſſaba por conſiguiente cada dia dos minutos, y veinte y ocho ſegundos. Repitiò diariamente ſus experiencias con la miſma perſpicaz precaucion por el eſpacio de 10 meſes, y hallò, que para que vibraſſe la Pendula

del

del Relox los ſegundos de tiempo medio, del miſmo modo, que en *Parìs*, era preciſo acortarla una linea, y quarto de la longitud, que debe tener para tales vibraciones en dicha Corte. No es decible lo que eſta novedad moviò los animos de todos los Philoſophos, y Mathematicos. La habilidad, la precaucion, y la repeticion de experiencias de *M. Richer* no dexaban dudar de el hecho, ni daban lugar à creer, que ſe huvieſſe engañado.

Quiſieron algunos atribuir eſta variedad à la que ſe havìa deſcubierto no ſolo en las Cuerdas, Cordeles, Papel, y otras coſas, que facilmente dàn de sì; ſino tambien en los Metales, en el Vidrio, en las Piedras, y en otros Cuerpos sólidos, que ſe alargan, ò ſe acortan, tranſportados de unos Lugares à otros, y ſienten los efectos del calor, frio, humedad, y demàs mutaciones de la Atmoſphera, como ſe verà en el Libro IV; pero no era poſsible aprovecharſe de eſta doctrina para el caſo preſente, porque yà *M. M. Picard*, y *de la Hire* havìan hecho ſutiliſsimas experiencias ſobre eſta dilatacion, y compreſsion, y ſe ſabìa, que jamàs la variedad originada de ellas podrìa llegar à la linea, y quarto, que *M. Richer* havìa notado de diferencia.

Supuſieron pues todos como cierto, que eſta diverſidad no podia tener otro principio, que peſar el miſmo Pendulo menos en *Ceyenna*, que en *Parìs*; y que por conſiguiente todos los Cuerpos peſarìan menos àcia el Equador, que àcia los Polos. La razon de creer eſto ſe fundaba en el principio, de que la duracion de las oſcilaciones de un Pendulo, depende de la longitud de èl, y de la peſadèz del Cuerpo, que oſcila, como ſe demueſtra en la Eſtatica. Dos Pendulos de igual longitud, y peſadèz, es preciſo que gaſten igual tiempo en ſus oſcilaciones; ſi varían en

èſtas , es preciſſo , que exerza menor peſadèz el que las hiciere mas lentas ; y al contrario , ſi las oſcilaciones ſe cumplieren en igual tiempo , teniendo los Pendulos longitudes iguales , ſeràn èſtas como ſus peſadezes : eſto es, aſsi como fuere menor la longitud , ſerà tambien menor la peſadèz.

Confirmò poco deſpues el deſcubrimiento de *M. Richer* otra ſemejante experiencia de *M. Halley* el año 1677 en la Isla de *Santa Helena*; añadiendoſe las de *M. M. Varin*, *Deshayes* , y *Glos* en la *Gorèa* , *Guadalupe* , y *la Martinica* en 1682 ; de *M. Couplet* en *Lisboa* , y *Parà* en 1697 ; del *P. Feüilleè* en *Portobelo, la Martinica* ; y otras de otros en otras partes , que tampoco podìan atribuirſe à la variedad de los Climas.

En fin no dudandoſe yà de la mayor peſadèz de los Cuerpos àcia el Polo , que àcia el Equador , entraron los dos cèlebres Mathematicos *M. M. Huygens* , y *Newton* à determinar por ella otra figura à la Tierra , negando , que pudieſſe ſer perfectamente eſphérica. Preſumieron haver hallado la cauſa de eſte phenomeno en aquella ſu decantada *fuerza centrifuga* de los Cuerpos , movidos , y agitados en torno. Todo Cuerpo, decìan eſtos grandes Philoſophos, que ſe mueve en circulo , hace un esfuerzo continuo , para huir , y apartarſe del centro del circulo , que deſcribe , y en torno del qual ſe mueve. Eſte principio , que demueſtra la razon , y la experiencia , ſe ſiente palpablemente en la Honda. Dando vueltas con la Honda la Piedra pueſta en ella , ſiempre và forcejando por deſpedirſe , y huir del centro en torno del qual rueda , tanto mas , quanto es mayor la velocidad con que ſe mueve ; y por eſto , pueſta en libertad corre velozmente, ſin otra nueva fuerza que la impela.

Eſta

Eſta fuerza ſe manifieſta, ſi ſe hace atencion à las tres Leyes, ò Axiomas del Movimiento. El primero dice, que todo Cuerpo perſevera en ſu eſtado de quietud, ò de movimiento uniforme, mientras otra fuerza no le obliga à mudarle. El ſegundo, que el movimiento es proporcional à la fuerza, que imprime el motor, y que ſe hace por la recta, àcia la qual imprime dicha fuerza. Y el tercero, que accion, y reaccion ſon ſiempre iguales: [a] eſto es, ſi yo hago fuerza contra un Cuerpo, èſte me reſiſtirà con igual fuerza contraria à la mia: ſi un Navio impele el Agua del Mar con cierta fuerza, el Agua le reſiſte con la miſma; y ſi ſe aumenta el impulſo de la Nave, ſe aumentarà tambien ſu velocidad; pero ſolo haſta que ſe aumente la reſiſtencia que el Agua hicieſſe proporcionalmente al aumento, que tuvo el impulſo de la Nave.

Si ſe halla pues en A* un Cuerpo, y ſe impele con cierta fuerza dirigida conforme à la linea AK, el Cuerpo ſe moverà por eſta linea, y permanecerà moviendoſe en ella, haſta que otra fuerza le diſtraiga; y al contrario, ſi eſte Cuerpo ſe diſtrae de la linea AK, deſpues de pueſto en movimiento, ſegun ſu direccion, havrà otra fuerza ademàs de la primera, que le obliga à dexar ſu primer direccion; y aſsi, quando un Cuerpo percurre una Curva como AGQ, lo hace por medio de dos fuerzas, una con que ſe dirigiò ſegun la tangente AK, y otra, que le arroja, ò detiene àcia el Centro C; [b] y por eſſo el Cuerpo A eſtando atado con un hilo AC hecho firme en el Centro C, ſi ſe arroja ſegun la direccion AK, deſcribe el Circulo AGQ, pues el hilo, haciendo fuerza ſobre èl, le detiene, ò arroja

* Fig. 2. Lam. 3.

a *Newton Philoſophiæ Naturalis* pag. 13.
Mechanica de *Wolfio* §§. 527. 528.
Obras de *Juan Bernouli*, Tom. 1. pag. 484. Tom. 2. pag. 14. Tom. 3. pag. 16. Tom. 4. pag. 484.
Leçons de Phyſique expèrimentale del Abate *Nollet*. Tom. 1. pag. 261.

b Mechanica de *Wolfio* §. 74.

ja continuamente àcia el Centro; pero por el tercer Axioma, la accion, y reaccion ſon ſiempre iguales; con que el hilo no puede emplear fuerza alguna en el Cuerpo, que èſte no emplee otra, igual, y contraria ſobre el hilo; el Cuerpo pues tiende continuamente à huir, y apartarſe del centro del Circulo que deſcribe, con una fuerza igual à la del hilo: y aſsi todo Cuerpo, que percurre un Circulo, tira à apartarſe de ſu Centro, con una fuerza, que ſerà mayor, ò menor, ſegun fuere mayor, ò menor ſu velocidad. Eſta es pues la fuerza que aquellos dos cèlebres Philoſophos *M. M. Huygens*, y *Newton* llamaron *centrifuga*, porque tira à huir del Centro; y èſta, ſegun ellos, es la cauſa, que hace à la Tierra Lata. Porque ſentada eſta doctrina, ſuponen ambos, que la Tierra ſe mueve, revolviendoſe diariamente ſobre ſu proprio Exe. Por eſte movimiento, cada particula de la Tierra hace esfuerzo para apartarſe del Exe; y eſte esfuerzo es tanto mayor, quanto es mayor la velocidad, ò quanto es mayor el Circulo, que cada una deſcribe; y ſiendo, tanto circulo, como velocidad àcia el Equador mayores, que àcia los Polos, es neceſſario, que los Cuerpos mas cercanos al Equador hagan mas esfuerzo para apartarſe del Exe, que los que eſtàn mas cercanos à los Polos, y que ſu fuerza centrifuga ſea allì mas violenta. Como por otro lado, todo Cuerpo por ſu primitiva gravedad, ò fuerza *centripeta*, tiende àcia el Centro de la Tierra, ò por mejor decir perpendicularmente al Horizonte, en un miſmo Cuerpo ſe encuentran dos fuerzas; una la gravedad, ò fuerza centripeta, por razon de la qual ſe dirige al Centro de la Tierra, y cae àcia ella; y otra la fuerza centrifuga, originada del movimiento de la Tierra, por la qual ſe esfuerza à apartarſe, y à huir del Exe, ò centro del

Cir-

Circulo que percurre; y como eſtas dos fuerzas ſe hacen mas, y mas contrarias una à otra, al paſſo que los Cuerpos eſtàn mas cercanos al Equador, reſulta, que ſe diſminuye la gravedad mas, y mas, al paſſo que los Cuerpos eſtàn mas cercanos al Equador, tanto por eſte motivo, como porque la fuerza centrifuga es mayor, quanto mas cercanos eſtàn los Cuerpos à el Equador. De aquì nace, decìan los miſmos Philoſophos, que los Pendulos, y por la miſma razon todos los Cuerpos, tengan en igual cantidad de maſa menos peſadèz en *Parìs*, y Lugares ſituados àcia los Polos, que en *Cayenna*, y Lugares ſituados àcia el Equador. Sobre eſte principio paſſaron tan adelante, que calcularon la quantidad de fuerza centrifuga, que correſponde à cada grado terreſtre, ſegun ſu mayor, ò menor Latitud, y tambien, la diminucion, que en cada uno de ellos reſpectivamente, debe cauſar èſta en la gravedad de los Cuerpos.

De eſta Theorica inferìan neceſſariamente, que el Globo terraqueo no puede ſer perfectamente eſpherico; porque ſiendolo, aſsi como todas las lineas tiradas del centro à qualquiera parte de la Superficie ſon iguales, aſsi las porciones de maſa, que ſe comprehendan en Cilindros de iguales Diametros, y vayan eſde ddicho Centro àcia qualquier parte de la Superficie miſma, ſeràn tambien iguales; y como, por otro lado, las porciones de maſa en aquellos que vàn al Equador, tienen menos peſadèz, por razon de la diminucion, que la fuerza centrifuga cauſa en ſu gravedad, que las porciones de maſa en aquellos que vàn à los Polos, donde es menor eſta diminucion, ſaldrìa, que ſiendo iguales las porciones de maſa en una, y en otra parte, no ſerìan iguales las peſadezes; pues peſarìan

rìan mas las porciones àcia los Polos ; y menos las porciones àcia el Equador ; por consiguiente no havrìa equilibrio entre ellas ; absurdo intolerable, cuya dissonancia perciben bien los que han saludado la Estatica. Para que se conserve pues el equilibrio es preciso, que haya mas porcion de masa àcia el Equador, para que la pesadèz, correspondiente à la mayor quantidad, contrabalance el peso mayor, que en menor quantidad tengan las porciones àcia los Polos ; y es bien facil de vèr, que en esta suposicion la Tierra estarà mas elevada àcia el Equador, que àcia los Polos ; y que asi su figura serà, no una Esphera, ò Bola perfectamente redonda, sino es una Espheroide plana, ò una Bola chata àcia los Polos, ò por decirlo asì, tendrà figura de una Naranja.

Asi discurrìan estos grandes ingenios en la Hypotesis del movimiento diurno de la Tierra ; pero aunque esta Hypothesis sea falsa, la razon del equilibrio siempre probaba contra la perfecta esphereidad de la Tierra, una vez admitida la Obsetvacion de que los Cuerpos, segun la experiencia de los Pendulos, exercen menos pesadèz en las cercanìas del Equador, que en mayores Latitudes. Supuesto el equilibrio de las aguas, se prosigue asi, para demonstrar, que la Tierra debe ser una Espheroide Lata, con los principios de la Hydrostatica. Imaginense dos canales de materia fluìda, y homogenea, que vàn el uno desde el centro de la Tierra al Equador, y el otro desde el mismo centro hasta el Polo, en los quales la pesadèz de cada particula de materia se exerza àcia el centro ; y se verà, que para que se mantengan èstos en equilibrio, es preciso, que pesen igualmente ; pero como la pesadèz de cada particula de materia en el primero sea menor, que

en

en el ſegundo, es preciſo, que para que queden en equilibrio, haya mas cantidad de materia en el primero, que en el ſegundo: luego debe ſer mas largo aquèl, que èſte: eſto es, el radio del Equador mayor, que el Semi-exe: luego la figura de la Tierra, en toda ſupoſicion, ſerà una Eſpheroide chata àcia los Polos, como ya diximos.

Tan ſeguros penſaban eſtàr *M.M. Huygens*, y *Newton* de la fuerza de ſus diſcurſos, que paſſaron à ſeñalar, aunque con alguna diferencia, los Diametros, y Semidiametros de la Tierra; y creyeron, que por ſolas las experiencias de la peſadèz bien juſtificadas ſe averiguarìa, no ſolo la figura de la Tierra; ſino tambien la magnitud de cada uno de los grados de qualeſquiera Latitudes.

Un nuevo phenomeno, deſcubierto por eſte tiempo en el Cielo, les pareciò, que confirmaba ſu Theorìa ſobre la figura de la Tierra. Deſcubrieronſe con perfectiſſimos Teleſcopios ciertas manchas en el diſco de Jupiter, y por ellas obſervò la delicadiſsima curioſidad de los Aſtronomos, que eſte Planeta hacìa una revolucion ſobre ſu propio exe en diez horas. Eſta revolucion ſiendo mucho mas rapida, que la que ellos ſuponìan en la Tierra, debìa imprimir à todas las partes de eſte Planeta reſpectivamente una fuerza centrifuga correſpondiente à ſu velocidad, y por tanto mucho mayor que la de la Tierra: Eſta fuerza por la analogìa de un Cuerpo à otro, ſiguiendo la razon de la Theorìa debìa achatar, para decirlo aſsi, la figura de Jupiter; y en efecto midiendo ſus Diametros, con quanta delicadeza cabe por medio de buenos Micrometros, ſe hallò, que eſte Planeta era ſenſiblemente chato àcia ſus Exes, ò Polos.

Aſsi philoſophaban ſobre la experiencia de la diferencia

en pesadèz de los Pendulos *M. Huygens* , y el Cavallero *Newton* ; pero los Mathematicos Franceses llegaron à ser de parecer enteramente contrario , fundados , no en Theorías sutiles , que por ingeniosas , que fuessen , podìan estàr muy lexos de la verdad , sino en experiencias , y en hechos positivos , que entonces parecìan à muchos incontestables.

Yà la medida de *M. Picard* no podìa ser regla fixa para todos los grados , pues si acaso estos eran desiguales, por no ser esphérica la Tierra , aunque fuesse exactissima en el que èl havìa medido , no podìa adaptarse à los demàs , mientras no constasse por otro lado , que eran iguales al suyo. Propusose pues medir la linea Meridiana , que atraviessa toda la Francia ; y de orden del gran Luis XIV, empezò en 1683 esta obra *M. Cassini* baxo la proteccion de aquel cèlebre *M. Colbert* , Secretario entonces , y Ministro de Estado. Tomóse por principio de la medida el Observatorio Real de *Parìs* ; y aunque con varias interrupciones comprehendiò desde *Dunkerke* hasta *Colibre* , dividiendo en dos arcos el Meridiano de toda la *Francia* , el uno desde *Dunkerke* à *Parìs* , y el otro desde *Parìs* à *Colibre*. Acabóse la obra en 1718 , aunque despues se hicieron otros reconocimientos. La Historia , y methodos, que se siguieron , pueden verse à la larga en la Historia de la Academia , y en el Libro , que con titulo *de la Magnitud , y Figura de la Tierra* diò à luz *M. Cassini* el mismo año de 1718. Bastarà decir aquì lo mismo , que de estas, y las siguientes medidas escribe el sabio *M. de Maupertuis* en sus Elementos *de Geographía* , es à saber : *Estas medidas fueron repetidas por M.M. Cassinis en diferentes tiempos , en diferentes Lugares , con diferentes Instrumentos , y por diferen-*

*ren-*

*rentes methodos; el Govierno hizo prodigamente todos los gastos, y diò toda la proteccion imaginable, por espacio de 36 años; y la resulta de seis operaciones hechas en* 1701, 1713, 1718, 1733, 1734, *y* 1735 *fuè siempre, que la Tierra es alargada, y no chata, àcia los Polos.*

Por estas Observaciones pues, resultaron dos cosas; la primera, no ser la Tierra perfectamente esphérica, en lo qual convenìan los Franceses con *M. Huygens*, y el Cavallero *Newton*; la segunda, ser una Espheroide longa, ò estendida àcia los Polos, lo qual era del todo opuesto à la determinacion de estos cèlebres Philosophos, que decìan ser una Espheroide lata, ò chata àcia los mismos Polos.

La razon para esto era demonstrativa, si el principio era verdadero. Hallò *M. Cassini* el Padre por sus medidas, que el grado terrestre en el arco de Meridiano desde *Parìs* à *Colibre*, que es la parte, que mira desde el Real Observatorio àcia el Equador, ò Medio dia, era de 57097 toesas [a], y por consiguiente 37 toesas mayor, que el que havìa medido *M. Picard* hasta *Amiens*, el qual havìa determinado, como diximos, de 57060 toesas. *M. Cassini* el Hijo, repitiendo la medida de *M. Picard*, la continuò hasta *Dunkerke*, ò por la parte, que mira desde el Real Observatorio àcia el Norte, ò Polo; y hallò ser el grado terrestre de este arco de 56960 toesas [b]: esto es 137 toesas menor, que el que havìa determinado en el otro arco su Padre, aunque 100 toesas mayor, que el determinado por *M. Picard*. Los Instrumentos, y exactitud, que se emplearon en estas medidas fueron tales, que no solo à *M.M.* *Cas-*

*a* De la grandeur & de la figure de la Terre. pag. 148.
*b* De la grandeur & de la figure de la Terre. pag. 236.

*Cassinis* , ſino tambien à otros muchos no les quedò duda de lo juſtificado de ſus Operaciones.

Como nos hemos propueſto inſtruir en quanto ſea poſsible aun à los menos verſados en eſtas materias , ſerà preciſo detenernos algo mas en la razon de eſta determinacion de *M. M. Caſsinis.*

Siendo mayores los grados àcia el Equador , que àcia el Polo , era preciſo , que fueſſe larga la Tierra àcia los Polos. Para entender eſto no es meneſter mas , que eſtàr en el principio , de que la altura Meridiana de una Eſtrella ſobre el Horizonte , no es otra coſa , que el angulo, que forma con el plano de eſte Circulo la linea tirada del ojo del Obſervador à la miſma Eſtrella , quando eſta ſe halla en el Meridiano ; y hacer atencion , à que ſi la Tierra fuera exactamente plana , aunque ſe caminaſſen ſobre ella diſtancias conſiderables debaxo de un miſmo Meridiano , jamàs ſe percibirìa diferencia ſenſible en la altura Meridiana de las Eſtrellas : reſpeto , de que las lineas tiradas de qualquiera puntos de la Tierra à una Eſtrella ſon ſenſiblemente paralelas , à cauſa de la caſi infinita diſtancia de las Eſtrellas , y à que en dicha ſupoſicion , permaneciendo conſtante el miſmo Horizonte , aquellas lineas formarìan en todas partes el miſmo angulo con eſte Circulo ; muy al contrario , que ſi fueſſe la Tierra muy Curva ; pues aunque permanecieran en eſte caſo , ſin embargo , las lineas tiradas de qualeſquiera puntos de la Superficie à una Eſtrella ſenſiblemente paralelas , como antes, à cauſa de la curvidad, ſe variarìa cada inſtante de Horizonte , y por conſiguiente , ſe debìa variar igualmente de altura Meridiana de la Eſtrella , y hallarſe eſta variacion proporcional à la curvidad de Tierra : de ſuerte , que por eſte

eſte principio, ſi la Tierra no es igualmente curva en todas partes, lo ſerà mas en aquellas, donde ſe perciba igual mutacion en la altura Meridiana de las Eſtrellas, que ſe llama *amplitud de un arco*, haviendoſe caminado menor diſtancia baxo del miſmo Meridiano; y al contrario.

El haver hallado *M. Caſsini* los grados Septentrionales de la *Francia* menores que los Meridionales, no es otra coſa, que el haver hallado igual mutacion en la altura Meridiana de las Eſtrellas en la parte Septentrional, que en la Meridional, haviendo hecho, ſin embargo, menos camino en la del Septentrion; luego la Tierra, por lo dicho, debe ſer mas curva en eſta parte, que en la otra.

Por el miſmo argumento ſe debe inferir, que ſi los grados de Meridiano Septentrionales fueſſen por el contrario mayores que los Meridionales, la Tierra debe ſer menos curva en las partes mas cercanas à los Polos, que en las mas remotas.

Teniendo ſegun eſto por exacta la medida de *M. Caſsini*, no havìa duda en que la Tierra fueſſe mas curva àcia las partes Septentrionales, que àcia las Meridionales; y por eſto le aplicò la figura de una Eſpheroide longa, producida por la revolucion de un Ovalo como BECQ[a], que ſe ſupone rodar ſobre ſu Exe EQ; pues en eſte Cuerpo, ò lo que es lo proprio, en el Ovalo todas las partecillas de ſu circunferencia, mas inmediatas à los Polos E, y Q, tienen mayor curvidad, que las que eſtàn mas inmediatas al Equador BC: determinacion totalmente opueſta à la de *M. Huygens*, y el Cavallero *Newton*, que hacìan la Tierra una Eſpheroide chata, ſemejante à la de la miſma fi-

[a] Fig. 14. Lam. 7.

figura 14; pero ſuponiendo en ella, que BC ſea el Exe, y EQ el Equador; la qual no puede concederſe, ſin ſer la Tierra por el contrario menos curva en las partes que caen àcia à los Polos, que en las que caen àcia el Equador, cuya propriedad es eſſencialiſsima; y por ella es evidente, que ſiempre que ſe pruebe lo opueſto à la determinacion, ò medida de *M. Caſsini*: eſto es, que los grados de Meridiano ſon mayores, quanto mas cerca ſe hallen de los Polos, la Tierra ſerà una Eſpheroide Lata, ò chata àcia los Polos, conforme à lo concluìdo por aquellos dos cèlebres Philoſophos.

Pero no ponìan duda la mayor parte de Mathematicos à la medida, ò experiencia de *M. Caſsini*; pues en ella no havìa diſcurſos, y raciocinaciones, que pudieſſen ſer falſas, y expueſtas al error, por fundarſe, ſegun toda apariencia, ſobre experiencias innegables, que ſien dojuſtificadas, por sì miſmas, eran una palpable demonſtracion de la magnitud total, y de la figura de la Tierra alargada àcia los Polos. Y aſsì eſte Aſtronomo, no ſolo determinò la magnitud del Globo terraqueo, ſino que hizo Tablas del valor de cada uno de los grados de Meridiano ſegun ſus Latitudes, ò diſtancias del Equador [a]; y en efecto todos los que no dudaron de la preciſion, y delicadeza de la medida de *M. Caſsini*, creyeron firmemente con èl, que la Tierra era de la figura, que èl havìa determinado; por lo qual no es de maravillar, que muchos de los Authores, que han eſcrito en eſtos años haſta el de 1736, en que ſe hicieron las medidas del grado en la *Laponia*, hayan defendido la figura Longa, determinada por *M. Caſsini*, como

[a] De la grandeur & de la figure de la Terre pag. 245.

mo indubitable, y aſsi con razon fundadiſsima por entonces la defendieron en nueſtra Eſpaña los Sapientiſsimos P. P. M. M Feijòo, y Sarmiento, Benedictinos, aquèl en ſu *Theatro Critico* tom. 3. Diſcurſo 7. §.VII. èſte en la *Demonſtracion Critico Apologetica* de dicho *Theatro*, tom. 2. Diſcurſo 38. §§. XI. XII. y XIII.

Pero con todo eſſo, no cediò *M. Newton*, y otros muchos de ſu partido à tan plauſible experiencia. Confeſſaron, que la medida del Meridiano de *Francia* ſe havìa hecho con mucha delicadeza, y preciſion; pero afirmaban, que aunque la medida comprehendieſſe todo el Meridiano, que atravieſſa la *Francia*, eſtando unidos los grados de los dos arcos, en que ſe partiò la medida, la diferencia del valor, y longitud de unos grados à otros era muy corta, y por conſiguiente poco ſenſible, y expueſta à confundirſe entre el error à que toda Obſervacion eſtà expueſta, por mas delicada que ſea. Examinando ademàs de eſſo mas en particular la medida miſma, ſu methodo, y los Inſtrumentos, con que ſe havìa executado, hallaban, que aunque *M. Caſsini* pretendia no caber error conſiderable en ſus operaciones, y que no le permitian ſus Inſtrumentos; no obſtante no era facil perſuadirſe à que fueſſe aſsi en realidad, y que llegaſſe à tan alto punto de perfeccion la exactitud de que *M. Caſsini* ſe liſongeaba; y que eſte error no conocido de *M. Caſsini* era baſtante, para que en èl ſe envolvieſſe, no ſolo la diferencia de 37 toeſas, en que ſu medida àcia *Colibre* excedìa à la determinacion de *M. Picard*, y la de 137 en que excedìa à la de ſu Hijo àcia *Dunkerke*, ſino tambien la diferencia, que debìan tener fuera de eſto los grados, ſiendo la Tierra Lata, como ellos pretendìan.

M.

*M. de Mairan* por el contrario se empeñò con otros muchos Mathematicos Franceses en defender, no solo la exactitud en general de la medida de *M. Cassini* ( de la que nadie dudaba ) sino tambien la particular en orden à la diferencia hallada en los grados, pretendiendo, que esta no podìa atribuirse à error, y que assì era real, è indubitable. Como *M. Cassini* en su Libro, no havìa hablado del Phenomeno de los Pendulos en que fundaban *M. M. Huygens*, y *Newton* sus Theorìas, *M. de Mairan* tomò à su cargo componer este Phenomeno con la figura Longa de la Tierra, lo que hizo en una Memoria, presentada à la Academia el año de 1720, que puede verse en las de dicho año. Impugnò su Systhema como impossible *M. Des-aiguiliers* en *Inglaterra*, el año 1726 en una Memoria, que se puede vèr en las *Transacciones Philosophicas* n.° 386. 387. y 388. Bien es verdad, que debemos advertir aquì, que *M. Clairaut* en su precioso y cientifico Libro [a] demuestra geometricamente, como pudiera componerse, que la Tierra fuesse Longa, y que con todo esso los Pendulos fuessen mas cortos en el Equador, que àcia los Polos, ò que las pesadezes de los Cuerpos fuessen allì menores, que en mayores Latitudes; aunque segun su demonstracion en tal caso, la diminucion de los Pendulos en el Equador debìa ser mucho mayor, que la que se experimenta: esto es, de 8, ò 9 lineas, en la suposicion de la medida de M. *Cassini*, y su determinacion del valor respectivo de los grados.

En fin entre estas disputas de una, y otra parte, quedaba indecisa para los imparciales la figura, que se debìa atribuir à la Tierra. La importancia de este assumpto no podìa ser mayor para la perfeccion de las Ciencias especula-

[a] Theorie de la figure de la Terre tirèe des principes de l'Hydrostatique, part. 2. cap. 2. §. LIII.

lativas,y no menos para los uſos humanos en muchas practicas. De ſu neceſsidad para el perfecto uſo de la Navegacion hablarémos en el Libro 9 mas à la larga; ahora baſtarà decir, que ſiendo diferentes las diſtancias de los Lugares, dadas unas miſmas Longitudes, y Latitudes, en el un Syſthema, que en el otro, ſon faciles de vèr los errores, que cometerìan los Navegantes en tal incertidumbre; y no eſtando determinada la figura de la Tierra, quièn ſabìa, haſta què punto podrìa llegar eſte error,y quan pernicioſas podrìan ſer las conſequencias, à que induxeſſe.

La Geographìa eſtaba expueſta à los miſmos errores en colocar las diſtancias de los Lugares en las Cartas; y mas ſi era la opinion verdadera contraria à la que ſiguieſſe el que las formaſſe; pues en una diſtancia de 100 grados ſe errarìa en 2 grados por lo menos, el que ſupuſieſſe la Tierra Lata, y conforme à *M.Newton*, ſiendo Longa, y conforme à *M. Caſsini*, ò al contrario.

En la Aſtronomìa es aſsimiſmo viſible la neceſsidad de fixar de una vez eſte principio, pues de èl depende el conocimiento de la verdadera paralaxe de la Luna, que ſirve para medir ſus diſtancias, determinar exactamente ſus lugares en el Cielo, y conocer perfectamente ſus movimientos, y quièn no ſabe, que ſobre el conocimiento exacto de eſtos movimientos, eſtà fundada la mas razonable eſperanza de hallar algun dia la ſuſpirada Longitud geographica ſobre el Mar?

Dexo à parte el conocimiento de la gravedad, y de la peſadèz de los Cuerpos, acaſo el mas importante de toda la Phiſica, pues eſte es el Agente univerſal de que Dios ſe ſirve, mas principalmente para el govierno de la naturaleza, ò movimiento de los Planetas en los Cielos, y en la

Tierra para todas las Machinas de que ſe ſirven los Hombres.

Omito la perfeccion del Nivèl, para traer de lexos las Aguas, abrir Canales, dàr paſſo à los Mares, y mudar las corrientes à los Rios, con otros muchos conocimientos, que las Ciencias por el neceſſario encadenamiento de unas con otras pueden ſacar de la verdadera determinacion de la figura de la Tierra.

En fin baſte decir, que unos Reyes tan ſabios, y circunſpectos como los de la Real Caſa de Borbòn, generoſa Madre, ſin diſputa de las Ciencias en Europa, han expendido ſumas increìbles; y unos hombres tan habiles como los miembros de la Academia Real de *Parìs*, Cuerpo ſin duda de los mas reſpetables del Mundo, han emprendido guſtoſos, por eſpacio de mas de 40 años, los mas trabajoſos afanes, ſolo por averiguar eſta verdad; peleando à porfia la incomparable magnificencia de los Monarchas con la zeloſa obediente diligencia de los Vaſſallos, por hacerſe utiles, no ſolamente à la Patria, ſino tambien à todo el reſto del Orbe.

El ultimo esfuerzo de eſta liberalidad, y de eſte zelo, fuè la generoſa reſolucion, que el Rey Chriſtianiſsimo hizo comunicar à la Academia, por medio del Conde de *Maurepas*, Miniſtro, y Secretario de Eſtado de la Marina de Francia, de que determinaſſe, del modo mas plauſible, eſta cèlebre queſtion, embiando à ſus expenſas dos tropas de los Miembros mas iluſtres de ſu ſabio Cuerpo, una al Norte, para medir un grado, lo mas cercano, que pudieſſe ſer al Polo, y otra à la America, para medir otro, lo mas cercano, que pudieſſe ſer al Equador. Eſte era el unico medio de determinar la figura de la Tierra, de modo, que no quedaſſe para en adelante duda alguna; pues, ò bien fueſſe

La-

Lata, ò bien Longa, los grados debìan ir aumentando, ò disminuyendo desde el Equador, hasta el Polo; y si comparando entre sì los grados vecinos, podìa la diferencia de ellos confundirse, por ser muy pequeña, con los errores precisos de las Observaciones; comparando dos grados lo mas distantes entre sì, que fuesse posible, serìa la diferencia de ellos tan considerable, que no pudiesse ocultarse à los Observadores; y si fuesse perfectamente esphérica, los grados, por distantes que entre sì fuessen, se hallarìan iguales, con la corta diferencia del error, que las Observaciones pudiessen producir.

Para executar esta empressa, verdaderamente Real, señalò S. M. Christianissima los Academicos, que debìan ir al Norte, y fueron *M. M. de Maupertuis*, *Clairaut*, *Cames*, *le Monnier*, y el Abate *Outhier*, correspondiente de la Academia, à quienes despues se juntò, con beneplacito del Rey, *M. Celsius*, cèlebre Professor de Astronomìa en *Upsal*, y por Secretario *M. de Sommereaux*, y *M. de Kerbelot* por dibujante. El Viage, y Observaciones hechas baxo el Circulo Polar sobre el Rio *Tornea*, que desagua en el Golfo *Bothnico*, se pueden vèr en las *Memorias de la Academia Real*, y en el Libro de la *Figura de la Tierra*, que publicò à su vuelta el año 1738 *M. de Maupertuis*.

Para ir al Equador fueron señalados los Academicos *M. M. Godin*, *Bouguer*, y *la Condamine*, para hacer Observaciones Botanicas *M. de Jussieu*, Doctor en Medicina de la facultad de *Parìs*, por Ayudantes *M. M. Verguin*, *Desodonais*, y *Couplet*, por dibujante *M. de Morainville*, por Cirujano *M. Seniergues*, y por Reloxero à *M. Hugot*. Pareciò el Lugar mas à proposito, para hacer las Observaciones sobre el Equador, el territorio de *Quito* en la America Meridionàl,

en

en los Reynos del *Perù*, que està baxo de la Equinoccial. Pidióse licencia para passar à estos sus dominios al Rey N.S, el qual, no solo la concediò benignissimo, sino que quiso, que nosotros los acompañassemos, como yà dixe en el Prologo, è hiciessemos con ellos las mismas Observaciones, y otras, que S. M. se sirviò ordenarnos en sus Reales Instrucciones.

Grosera rusticidad serìa no dàr aquì algun pequeño testimonio de nuestro aprecio, y estimacion al merito de los que por tanto tiempo hemos logrado por Compañeros, y de nuestro reconocimiento à las luces, que hemos debido à su comunicacion. Nuestros elogios ninguna recomendacion pueden añadir à sus talentos, sobre la Soberana, que les dà la elecion de su Rey; y assì nos contentarémos con hacerles la justicia de decir, que hacen justa la superior confianza de su Monarcha.

Ultimamente debémos advertir, que despues del regresso à *Francia* de los Academicos embiados al Norte, se volviò à medir de orden del Rey la linea Meridiana, que atraviessa la *Francia*, con Instrumentos mas exactos, y con mayor delicadeza, que se havìa executado antecedentemente. Encargóse esta medida à *M. Cassini de Thury*, nieto de *M.Cassini*, que la emprendiò la primera vez, y à M. el Abate *de la Caille*; y haviendo èstos executado su medida, con quanta precision es imaginable, hallaron, que èsta se conformaba, con las medidas hechas en el Circulo Polar, y despues con las nuestras, hechas en el Equador, como se puede vèr en las *Memorias de la Academia de las Ciencias*, y como nosotros dirémos en la Obra, que vamos à empezar.

OBSER-




# OBSERVACIONES

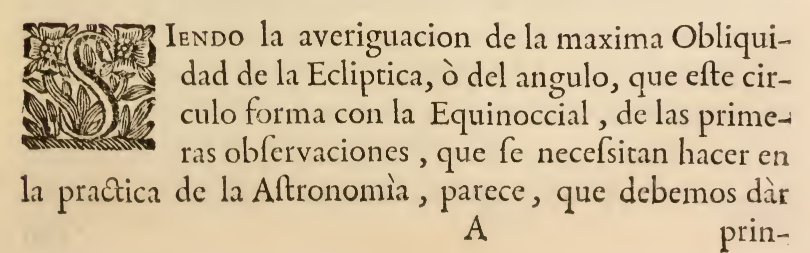
## ASTRONOMICAS, Y PHYSICAS, hechas de Orden de S. M.

# LIBRO I.

## Sobre la maxima Obliquidad de la Ecliptica.

### CAPITULO I.

*De lo util, y neceſſario que es el obſervar la maxima Obliquidad de la Ecliptica.*



SIENDO la averiguacion de la maxima Obliquidad de la Ecliptica, ò del angulo, que eſte circulo forma con la Equinoccial, de las primeras obſervaciones, que ſe neceſsitan hacer en la practica de la Aſtronomìa, parece, que debemos dàr



prin-

principio por ella à nueſtra Obra. De eſte conocimiento ſin duda dependen caſi todos los fundamentos de eſta Ciencia, y ſu puntual exactitud. Las Aſcenſiones rectas, y Declinaciones del Sol, tan utiles, y preciſas para la correccion de los tiempos, y guia unica de la Geographìa, y Navegacion, eſtàn fundadas ſobre la Obliquidad de la Ecliptica; y ſin èſta no pudieran dàr paſſo aquellas Ciencias. El curſo de los Planetas, ſu verdadero lugar en el Cielo, ſus Eclipſes, y aſpectos dependen igualmente de eſte principio: y no menos las Declinaciones de las Eſtrellas, tan neceſſarias con las del Sol, para determinar las Latitudes de los Lugares. Aſsimiſmo, el govierno de los Reloxes, con quienes ſe determinan las Longitudes, y la correccion de la variacion de la Aguja en la Navegacion, dependiendo de las Aſcenſiones rectas, y Declinaciones del Sol, no neceſsitan menos de la Obliquidad de la Ecliptica; la qual, hablando generalmente, ſe puede decir, que es la baſe de la Aſtronomìa, y por conſiguiente de la Geographìa, y Navegacion, y aſsimiſmo de otras muchas partes dependientes de eſta Ciencia.

Con eſte interès ſe aplicaron varios, y aun de los mas antiguos à examinar la Obliquidad de la Ecliptica: pero la mas antigua memoria, que tenemos, es de las obſervaciones hechas por *Pitheas*, y *Eratoſthenes*, que florecieron, el primero 324 años antes de Jeſu Chriſto, y el ſegundo 230: aquèl diò la maxima Obliquidad de 23° 52′ 41″, y èſte de 23° 51′ 20″. Deſpues acà ha havido muchos Aſtronomos, que la han obſervado; pero ſiempre han ido eſtableciendola menor, y menor: lo que ha hecho perſuadir à los mas, que dicha Obliquidad và diſminuyendo anualmente, y hà obligado à dedicarſe todos à examinarla

con

con mas atencion; los unos por aſſegurarſe de la primera cantidad eſtablecida, y los otros de la pretendida diminucion; à la qual muchos ſe oponìan, atribuyendo las diverſas aſsignaciones, que ſe le daban à la maxima Obliquidad, à yerro de las obſervaciones de los antiguos; cuyo ſentir no iba muy diſtante de lo veridico, pues ciertamente, no debemos eſperar de los Inſtrumentos antiguos la exictud deſeada. En fin, que fueſſe, ò no cierta una, ù otra opinion, no ſe podìa comprobar mas, que por un conſiderable numero de obſervaciones exactas, y diſtantes.

Entre los varios methodos, que hay, de obſervar la maxima Obliquidad de la Ecliptica, el mas propio es, el obſervar en los dos Solſticios la diſtancia Meridiana del centro del Sol al Zenith; pues la mitad de la ſuma de ambas diſtancias debe ſer la maxima Obliquidad.

En eſtas dos obſervaciones ſe debe hacer atencion à la refraccion, la qual es muy conſiderable en el Solſticio hyemal, y expueſta à graves alteraciones, à cauſa de lo muy baxo, que en Europa vemos à eſte Aſtro en la ſazon: y como eſte inconveniente es mucho menor en el territorio de *Quito*, pues ſe halla la Ciudad capital caſi ſobre el Equador, pareciò, que no ſe debìa deſpreciar eſta conveniencia; antes bien en caſo tan apropoſito, y que ſe tenìan los Inſtrumentos neceſſarios para el intento, ſe diſcurriò como preciſo el nuevo examen de la maxima Obliquidad de la Ecliptica, tan util, y aun neceſſario para caſi todas las Ciencias en general; cuyas reflexiones hicieron, que ſe emprendieſſen las operaciones neceſſarias para ſu concluſion, como ſe verà en los Capitulos ſiguientes.

## CAPITULO II.
### *Obſervacion del Solſticio hyemal del año* 1736.

COn los motivos dichos antecedentemente, ſe montò ſobre una loſa de piedra en la miſma Ciudad de *Quito*, y en una Caſa proxima à la Parroquia de *Santa Barbara*, el Inſtrumento, que llevaron los Academicos Franceſes, deſtinado à obſervar la amplitud del arco de la Meridiana; el qual tenìa doce pies de radio, ſiendo conſtruído ſegun mueſtra la figura I.[a] En eſta AF repreſenta el anteojo montado con el Micrometro A; CB el limbo dividido en grados, minutos, y ſegundos, por medio de las tranſverſales; el qual comprehendía un arco de 30 grados; D el centro, de donde pendía un hilo caſi todo de pita DE, que mantenía el peſo E: dixe caſi todo de pita, porque en el parage que batía en el limbo era dicho hilo de plata, y muy delicado, para que con eſſo cortára limpiamente la tranſverſal, y ſe pudiera juzgar de la altura mas facilmente. El todo del Inſtrumento eſtaba montado ſobre un piè, como los de los Quartos de circulo, cuya deſcripcion ſe dà en el libro ſiguiente; y hablando generalmente, no ſe diferenciaba de eſtos mas, que en contener ſolo un arco de 30 grados, quando los otros le contienen de 90 y mas grados: de donde ſe puede colegir, que no ſe diferencia el uſo del un Inſtrumento, al del otro.

[a] Lamina I.

El unico defecto, que deſpues ſe le notò, fuè, que la barra de hierro KD, ſiendo tan larga, y eſtando tan poco ſujeta, pues no tenía mas del anteojo, que le pudiera ſervir de apoyo, al menor movimiento temblaba, ù oſcila-

ba

ba de ſuerte, que comunicandole el propio movimiento al perpendiculo DE, hacìa dificultoſo el eſtimar el parage de la tranſverſal, que cortaba èſte.

Eſtando pues el Inſtrumento montado, como he dicho, en el mes de Diciembre de 1736, ſe hicieron con èl las obſervaciones de la diſtancia Meridiana del Sol al Zenith ſiguientes.

| | | |
|---|---|---|
| Dia 21 diſtancia del limbo Auſtral del Sol al Zenith | 23° { 19′ / 18 | 03″ / 53 [a] |
| 23 | 17 | 49 |
| 24 | 16 | 41 |
| 25 | 14 | 51 |
| 27 | 09 | 51 |

Eſtas es neceſſario corregirlas del error à que eſtàn expueſtas, à cauſa de la ſituacion del anteojo; porque, para que fueſſen legitimas era preciſo, que la viſual del anteojo eſtuvieſſe paralela à la linea, que tirada del centro del Inſtrumento, paſſa por el punto cero de la diviſion. Eſta correccion ſe averiguò como de ordinario, por medio de obſervar la diſtancia de un objeto al Zenith dos veces; practicando la primera obſervacion con los grados internos del Inſtrumento reſpecto del anteojo, y la ſegunda con los externos; pues la mitad de la ſuma de ambas obſervaciones, ſe diferencia de qualquiera de las dos en el error deſeado: eſto es, ſi en la figura I. el angulo ODI es el que ſe hallò en la primera obſervacion, que diſtaba el objeto del Zenith, y en la ſegunda el ODG; la mitad de la ſuma de ambos, ò el angulo IDH ſe diferencia del pri-

*a* En la primera obſervacion ſe vèn duplicados los minutos, y ſegundos, por denotar dos eſtimas, que ſe hicieron del parage, donde cortaba el aplomo, ò perpendiculo la tranſverſal del Inſtrumento.

primero ODI, ò del ſegundo ODG, del angulo ODH; el qual es el error, que procede en las obſervaciones, de que el anteojo FA no ſe halla paralelo à la linea DO, ſino à la DH: pues bien claro es, que en la obſervacion ſe notò por la diſtancia del objeto al Zenith el angulo ODI, quando el verdadero es el HDI.

Se eſcogiò para la practica, y examen de eſta correccion por objeto à la Eſtrella de Oriòn, que *Bayer* ſeñala con $\varepsilon$, la qual diſta (à ſu tranſito por el Meridiano) muy poco del Zenith de *Quito*: obſervòſe pues eſta diſtancia, y ſe hallò en los grados internos como ſigue.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Dia 9 de Enero de 1737. | 00° | 58′ | 18″ |
| 10 | | | $21\frac{1}{2}$ |
| 11 | | | 19 |
| 12 | | | 19 |
| y en los grados externos. | | | |
| Dia 26 de Enero | 1 | 22 | $56\frac{1}{2}$ |
| 27 | | | $54\frac{1}{4}$ |
| 31 | | | 43 |
| 1 de Febrero | | | 56 |

Excluyeſe de eſtas ultimas obſervaciones la tercera por diferenciarſe mucho de las otras tres.

| | | | |
|---|---|---|---|
| El medio arithmetico de las quatro primeras es | 00° | 58′ | $19\frac{1}{2}$ |
| y el de tres de la ſegunda operacion | 1 | 22 | $55\frac{1}{2}$ |
| cuya ſemiſuma es | 1 | 10 | $37\frac{1}{2}$ |
| la qual dà por correccion del anteojo aditiva | 0 | 12 | 18 |

Las obſervaciones de la ſegunda operacion ſe pueden corregir de un movimiento eſtraño, que han notado varios Aſtronomos en las Eſtrellas, el qual ha explicado muy bien M. *Bradley* de la *Sociedad Real de Londres* en ſu Theori-

ri-

rica de la Aberracion de la luz , y deſcrito M. *Clairaut*, con el methodo de calcularle en las Memorias de ſu *Academia Real de Parìs* del año 1737. Tomando pues eſta Theorica como Hypotheſis , y ſirviendome de ella para calcular eſte movimiento de las Eſtrellas , hallo , que deſde 10 à 30 de Enero tuvo ε de diferencia de Aberracion $2\frac{1}{2}''$ ; que ſubſtraìdos de las obſervaciones de la ſegunda operacion, quedarà el medio arithmetico de eſtas en

| | | | |
|---|---|---|---|
| quedarà el medio arithmetico de eſtas en | $1^{\circ}$ | $22'$ | $53''$ |
| y la ſemiſuma en | 1 | 10 | $36\frac{1}{4}$ |
| la qual dà por correccion del anteojo aditiva | 0 | 12 | $36\frac{3}{4}$ |

A mas de eſte error , ſe examinò el que podìa proceder de la colocacion del centro del Inſtrumento ; pues es cierto , que ſi dicho centro no eſtuviera colocado en ſu verdadero lugar , el angulo anotado en el limbo , no ſerìa el legitimo. Para hacer eſte examen , ſe tomò entre las puntas de un *Compàs de Vara* la diſtancia de una toeſa ; la qual tranſportada al limbo del Inſtrumento , ſe viò , correſpondìa à la cuerda de $28^{\circ}\ 58'\ 43''$. De eſta razon ſe infiere , que el radio del Inſtrumento debìa ſer de 11 pies, 11 pulgadas , y 10. 64 lineas : pero examinando eſte por la linea , que ſaliendo del centro paſſa por el grado $13\frac{1}{2}$ de la diviſion , ſe hallò , que ſolo conſtaba de 11 pies, 11 pulgadas , y 10. 46 lineas : por lo qual , el verdadero centro del Inſtrumento diſtaba del limbo mas que el actual ( en la linea, que paſſaba por el grado $13\frac{1}{2}$ ) de 0. 18 lineas.

Tambien por medio del hilo aplomo, ò perpendiculo DE , ſe notò , que la diſtancia del centro actual D al punto cero de la diviſion era mayor , que la del miſmo centro D al punto del grado $25\frac{1}{2}$ , de una linea exacta.

Con eſtos datos averiguarémos la ſituacion , ò lugar del centro verdadero del Inſtrumento , ſuponiendo en la fi-

figura 2, que ſea DBA el limbo del Inſtrumento; D el grado $25\frac{1}{2}$; B el $13\frac{1}{2}$; A el punto cero de la diviſion; K el centro actual, y C el verdadero: porque tirando la KE paralela à la tangente en el punto B, y por conſiguiente perpendicular al radio CB, ſerà CF = 0. 18 lineas, à cauſa de que BC, BK ſon ſenſiblemente paralelas. Aſsimiſmo, tirando la CH paralela à la tangente en el punto A, y la CM paralela à la tangente en el punto D, con las perpendiculares à eſtas KL, KM, tendrémos tambien KL + KM = 1.00 lineas. Ademàs de eſto, ſe tienen conocidos los angulos ACB = CEK = $13\frac{1}{2}$, y BCD = CIF = $12°$; con que ſuponiendo,

$a$ = KL + KM
$b$ = CF
R = al radio
S = al ſeno del angulo CEK
C = à ſu ſeno 2
$s$ = al ſeno del angulo CIF
$c$ = à ſu ſeno 2
$x$ = KL
$y$ = CL

hecho el calculo ſe hallarán,

$$x = \frac{RSa + Csb + Scb}{(S + s).R} \qquad y = \frac{Cx - Rb}{S}$$

Si deſpues de eſto, ſuponemos $S = s$, y $C = c$, lo que no puede producir yerro ſenſible en el caſo preſente, las formulas ſe reduciràn à

$$x = \tfrac{1}{2}a + \frac{Cb}{R} \qquad y = \frac{Ca}{2S} - \frac{Sb}{R}.$$

ò

ò llamando T la tangente del complemento de qualquiera de los angulos ACB, BCD; $y = \frac{Ta}{2R} - \frac{Sb}{R}$.

Segun esto, son $x = 0.676$, $y = 2.216$ lineas: de donde se deduce CK $= 2.317$ lineas; y el angulo KCA $= 73^\circ\ 01'$.

Sabida la situacion del verdadero centro respecto del actual, para deducir la correccion, que de ella se debe hacer en los angulos observados, es necessario considerar en la figura 3, que si el angulo $aKs$ ($=$ ACS, por ser K$a$, KS paralelas à CA, CS) es el observado, el arco $as$ havrà dado la medida de este angulo; en lugar, que el legitimo, y que se debiera haver notado es AS: por lo qual, lo que este fuere mayor, ò menor, que el antecedente, se debe añadir à la observacion, para tenerla correcta. Esta cantidad es igual al excesso, ò defecto de la KQ, perpendicular à CS, sobre la KP, perpendicular à CA: y se hallarà suponiendo,

$a = \text{CK} = 2.317$
$b = \text{KP} = 2.216$
S $=$ al seno del angulo KCS, ò KCQ.

porque tendrémos $R : S = a : \frac{aS}{R} = \text{KQ}$; y el excesso, ò defecto de KQ sobre KP $= \frac{aS}{R} - b$. Llamese ahora el radio del Instrumento, que es de 11 pies, 11 pulgadas, 10.64 lineas, ò de 12 pies, $r$; y tendrémos: $r : \frac{aS}{R} - b$

 $=$ R:

$= R : \frac{aS - Rb}{r} =$ al angulo, ò correccion, que ſe debe hacer à la obſervacion.

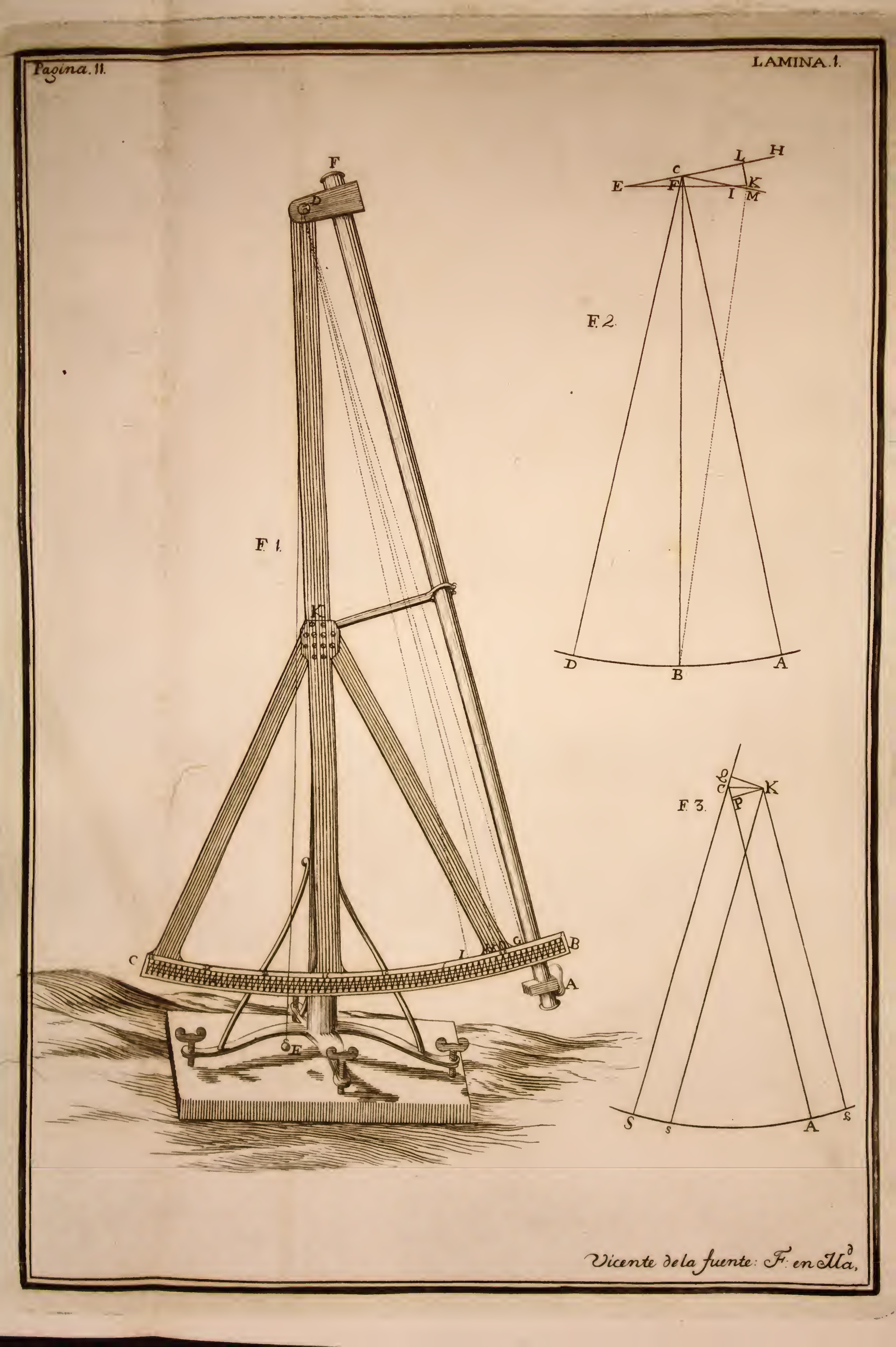
Segun eſto la correccion, que por eſte motivo nos toca hacer à las obſervaciones del Sol, es de 10″ aditiva.

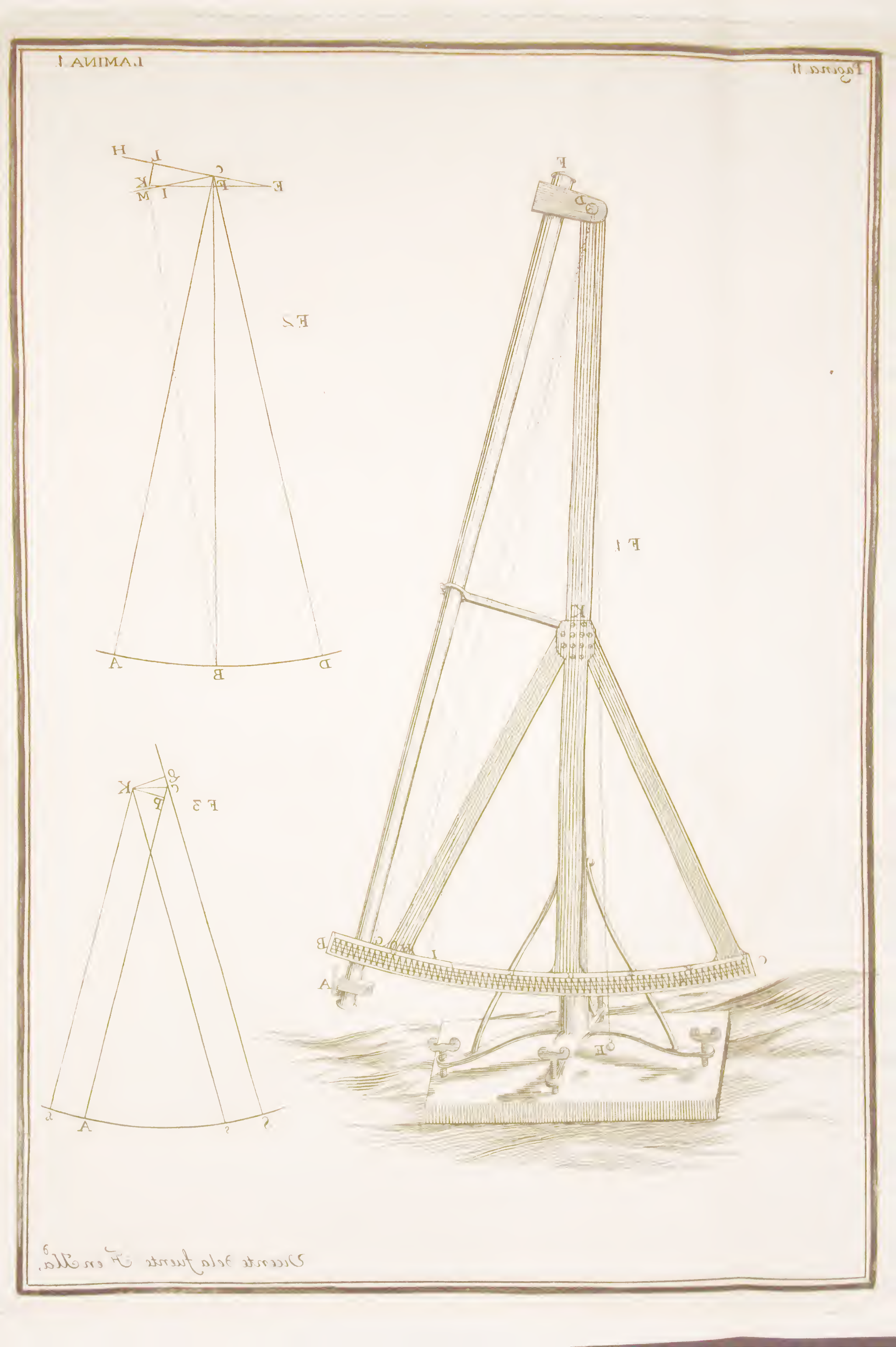
Pero ſe verà claramente, que la que les pertenece à las obſervaciones de ε de Oriòn es $= 0$; porque en eſte caſo $S =$ al ſeno del angulo KCA $= \frac{Rb}{a}$: cuya cantidad pueſta en $\frac{aS - Rb}{r}$ en lugar de S, quedarà eſta formula en $\frac{Rb - Rb}{r} = 0$.

Siendo aditivas las dos correcciones, que tenemos examinadas, y debemos hacer à las obſervaciones ſolares, la una de 12′ 16¾″, y la otra de 10″; ſi añadimos la ſuma de ellas 12′ 26¾″ à dichas obſervaciones, nos quedaràn eſtas correctas; eſto es,

| | | | |
|---|---|---|---|
| La del dia 21 de Diciembre de 1736 | 23° | 31′ | 29¾″ / 19¾ |
| 23 | | 30 | 15¾ |
| 24 | | 29 | 07¾ |
| 25 | | 27 | 17¾ |
| 27 | | 22 | 17¾ |

Para deducir de eſtas obſervaciones las verdaderas diſtancias Meridianas del centro del Sol al Zenith, ſe han de corregir del ſemidiametro aparente; de la refraccion; y de la paralaxe. El ſemidiametro aparente es ſegun *M. de Louville* de 16′ 18″ ſubſtractivos; la refraccion ſegun la Tabla, que conſtruyò *M. Bouguer*, propia para la Zona Torrida, es


Pagina. 11.
LAMINA. 1.
F. 1.
F
K
C
B
A
I
G
E
F. 2.
C
L
H
E
F
I
K
M
D
B
A
F. 3.
C
K
P
S
s
A
S
Vicente de la fuente: F: en Mad.



LAMINA I.
Pagina 11
F. 1
F. 2
F. 3

es de $13\frac{1}{2}''$ aditivos; y la paralaxe ſegun el *Conocimiento de los tiempos*, que ſale todos los años à luz de la *Academia Real de las Ciencias de Paris*, es de $5\frac{1}{2}''$ ſubſtractivos[a]: cuyas tres correcciones reducidas à una, nos dàn $16'\ 10''$, que debemos ſubſtraer de las obſervaciones antecedentes, para que nos dèn las verdaderas diſtancias Meridianas del centro del Sol al Zenith: y aſsi las tendremos,

| | |
|---|---|
| Dia 21 de Diciembre de 1736 diſtancia Meridiana del centro del Sol al Zenith | $23°\ 15'\left\{\begin{array}{l}19\frac{3}{4}''\\09\frac{3}{4}\end{array}\right.$ |
| 23 | 14 $05\frac{3}{4}$ |
| 24 | 12 $57\frac{3}{4}$ |
| 25 | 11 $07\frac{3}{4}$ |
| 27 | 06 $07\frac{3}{4}$ |

De eſtas diſtancias debemos deducir, la diſtancia Meridiana del Tropico de Capricornio al Zenith, añadiendo à aquellas la mutacion en Declinacion, que tuvo el Sol deſde el inſtante, en que ſucedió el Solſticio, haſta la hora de la obſervacion; la qual ſe puede hallar por medio de la formula, que dà *Chriſtiano Wolfio* en ſus *Elementos de Mathematica* Tomo 3 pag. 470, ò el *Doct. Gregóri* en ſu *Aſtronomìa phiſica* lib. 3 propoſ. 11 para hallar la hora, en que ſucede el Solſticio por medio de tres obſervaciones como las ſiguientes. Eſte Author ſupone,

*a* = al tiempo paſſado entre primera, y ſeg.ª obſervacion
*b* = al tiempo paſſado entre ſegunda, y tercera
*c* = à la mutacion en Declinacion de la primera à la ſegunda obſervacion

*d* =

a Las Tablas, de quienes ſe han deducido eſtas cantidades, ſe hallan inſertas al fin de eſte Libro.

$d =$ à la mutacion en Declinacion de la seg.ª à la tercera

$x =$ al tiempo passado desde el punto del Solsticio à la segunda observacion

$m$[a] $=$ à la mutacion en Declinacion desde el punto del Solsticio à la hora de la segunda observacion

$r =$ al parametro de una Parabola, cuyas ordenadas son $a, b, x$: y dice que $m = \frac{x^2}{r}$, $r = \frac{a^2 + 2ax}{c}$ $x = \frac{b^2c - a^2d}{2ad + 2bc}$.

De las dos primeras formulas se deduce esta otra $m = \frac{cx^2}{a^2 + 2ax}$.

Ahora es necessario advertir, que el *Doct. Gregóri* deduxo estas formulas suponiendo, que de las tres observaciones, la primera, y segunda se hicieron antes del Solsticio, y la tercera despues: pero si todas se huvieran hecho despues del Solsticio como en el caso presente, las formulas debìan ser $x = \frac{a^2d + b^2c}{2ad - 2bc}$ $m = \frac{cx^2}{2ax - a^2}$.

Segun esto no necessitamos mas que tres observaciones para deducir el valor de $x$; con que con las cinco hechas, podemos hallar diez valores de $x$, por poderse combinar las cinco observaciones de diez modos distintos, tomandolas de tres en tres; los quales diez valores deben dàr el tiempo, en que sucediò el Solsticio, al mismo minuto, y segundo, si las observaciones estàn exactamente precisas: pero

a Esta letra no la incluye en su calculo el *Doct. Gregòri*, pero yo lo hago por mayor comodidad.

pero como no puede dexar de ocaſionarſe el yerro de 4, ò 6 ſegundos en ellas, qualquiera de eſtos es ſuficiente, para que los valores, que ſe deduzcan de $x$, no dèn el tiempo, en que ſucediò el Solſticio à la hora preciſa. No es meneſter mas, para convencerſe de eſto ultimo, que hacer el calculo, ſirviendoſe de la formula $x = \frac{a^2d + b^2c}{2ad - 2bc}$, pues ſe verà la diſparidad, con que nueſtras cinco obſervaciones determinan el Solſticio. Si las tres primeras[a] le dàn el dia 20 à la $1^h\ 33'$ de la tarde; ſegunda, tercera, y quarta le dàn el dia 22 à las $9^h\ 08\frac{1}{2}'$ de la mañana: y aunque eſtas dos combinaciones ſon las que mas ſe apartan de lo cierto, ſin embargo, entre las otras no dexa de haver baſtante diferencia.

Eſto procede, de que las cinco obſervaciones no ſiguen la ley, que deben: eſto es, que las mutaciones en Declinacion, que le dàn al Sol, no ſon como los quadrados de los tiempos, en que las tuvo: cuya ley ſe ha de guardar inviolablemente en tiempo, que eſte Aſtro eſtà en las cercanías de los Tropicos.

Debemos pues corregir nueſtras obſervaciones de ſuerte, que guardando dicha ley, no diſten mucho de lo obſervado, ò ſe alteren lo menos que ſea poſsible, aumentando en la miſma cantidad la pequeña, que ſe diſminuyere la muy grande. Baxo de cuyo ſupueſto, el modo, en que deben quedar las obſervaciones, es como ſe ſigue.

a Sirviendoſe en la primera obſervacion de la primera eſtima.

Ob-

# Obſervaciones correctas de la diſtancia Meridiana del centro del Sol al Zenith hechas en

| | por la primera eſtima. | | | por la ſegunda eſtima. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 21 de Diciembre de 1736 | 23° | 15′ | $12\frac{3}{4}$ | 23° | 15′ | $09\frac{1}{4}''$ |
| 23 | | 14 | $12\frac{1}{4}$ | | 14 | $08\frac{3}{4}$ |
| 24 | | 12 | $57\frac{3}{4}$ | | 12 | $54\frac{1}{4}$ |
| 25 | | 11 | $11\frac{3}{4}$ | | 11 | $08\frac{1}{4}$ |
| 27 | | 06 | $14\frac{3}{4}$ | | 06 | $12\frac{1}{4}$ |

Bien ſe pudiera no haver diſminuìdo tanto la obſervacion del dia 21 en la primera eſtima; pero para ello, era neceſſario admitir mas yerro en qualquiera de las otras: las quales diſpueſtas en eſta forma, no ſolo no paſſa el mayor yerro de 7″, pero dàn, haver ſucedido el Solſticio el dia 21 à las 11 horas, y 44 minutos de la mañana, que ſe acerca mucho al tiempo, à que le dàn las Tablas Aſtronomicas. Sin embargo parece, que la ſegunda eſtima nos dà aun mayor juſtificacion: pues determinando el Solſticio à la miſma hora, no ſube el mayor yerro à mas de $3\frac{1}{2}''$: y aſsi diſcurro, que nos debemos ſervir de ella.

Haviendo ſucedido el Solſticio tan cerca del medio dia 21, la mutacion en Declinacion, que tuvo el Sol deſde un tiempo al otro, es caſi nula: eſto es, $m = 0$: y aſsi la diſtancia Meridiana del Tropico de Capricornio al Zenith de *Quito* ſerà de 23° 15′ $09\frac{1}{4}''$.

(∴)

CA-

## CAPITULO III.

### *Obſervacion del Solſticio eſtival del año* 1736.

HEchas las obſervaciones antecedentes, ſe conſervò el Inſtrumento en el propio eſtado, y lugar, haſta el Solſticio eſtival proximo de 1737, que ſe obſervò del miſmo modo, y con las miſmas precauciones, en eſta forma.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Dia 20 de Junio, diſtancia Meridiana del limbo Septentrional del Sol al Zenith | | 23° | 44′ | 57″ |
| 21 | | | 45 | 08 |
| 22 | | | 44 | 56 |
| 23 | | | 44 | 03 |
| 24 | del limbo Auſtral | | 11 | 30 |

Deſpues de eſto, ſe rectificò el Inſtrumento, igualmente ſobre la Eſtrella ε de Oriòn, tomando à ſu tranſito por el Meridiano las diſtancias Meridianas de ella al Zenith, que ſe ſiguen.

En los grados externos reſpecto del anteojo.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Dia 1 de Julio de 1737 | 1° | 22′ | 19″ |
| 2 | | | 27 |
| 5 | | | 29 |
| 7 | | | 33 |

En los grados internos.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Dia 28 de Julio | 00° | 58′ | 39″ |
| 30 | | | 39 |
| 3 de Agoſto | | | 41 |
| El medio arithmetico de las quatro primeras es | 1 | 22 | $29\frac{1}{2}$ |

y

| | | | |
|---|---|---|---|
| y el de las tres de la ſegunda operacion | 0 | 58 | $39\frac{1}{2}$ |
| cuya ſemiſuma es | 1 | 10 | $34\frac{1}{2}$ |
| la qual dà por correccion del anteojo aditiva | 0 | 11 | 55 |

Si las obſervaciones de la ſegunda operacion ſe quieren corregir tambien de $3\frac{1}{2}''$, que padeciò mas de Aberracion de la luz ε à 31 de Julio, que à 4: el medio arithmético de eſtas obſervaciones ſerà entonces de $0^\circ\ 58'\ 43''$

| | | | |
|---|---|---|---|
| y la ſemiſuma | 1 | 10 | $36\frac{1}{4}$ |
| la qual dà por correccion del anteojo aditiva | 0 | 11 | $53\frac{1}{4}$ |

Eſta correccion es menor, que la que ſe hallò en el Solſticio hyemal de $23\frac{1}{2}''$; cuya diferencia procediò, de haverſe mudado para las obſervaciones de eſte Solſticio los hilos del Micrometro del anteojo.

Debemos pues corregir las obſervaciones ſolares de eſtos $11'\ 53\frac{1}{4}''$; y à mas de los $10''$ que nos diò en el Capitulo antecedente la mala ſituacion del centro del Inſtrumento: cuya ſuma es de $12'\ 03\frac{1}{4}''$: y aſsi quedaràn dichas obſervaciones de eſta ſuerte.

| | | | |
|---|---|---|---|
| La del dia 20 de Junio | $23^\circ$ | $57'$ | $00\frac{1}{4}''$ |
| 21 | | | $11\frac{1}{4}$ |
| 22 | | 56 | $59\frac{1}{4}$ |
| 23 | | | $06\frac{1}{4}$ |
| 24 | | 23 | $33\frac{1}{4}$ |

Ademàs de eſto, empleando $15'\ 47''$ de ſemidiametro aparente, ſegun *M. de Louville*; y la miſma refraccion, y paralaxe, que en el Capitulo antecedente: tendrémos las diſtancias Meridianas del centro del Sol al Zenith, como ſe ſigue.

Dia 20 de Junio de 1737, diſtancia Meridiana del centro del Sol al Zenith $23^\circ\ 41'\ 21\frac{1}{4}''$

Dia

| | |
|---|---|
| Dia 21 | 23° 41′ 32$\frac{1}{4}$″ |
| 22 | 41 20$\frac{1}{4}$ |
| 23 | 40 27$\frac{1}{4}$ |
| 24 | 39 28$\frac{1}{4}$ |

Las obſervaciones de los dias 20, y 22, ſiendo caſi de un propio valor, pues no ſe diferencian mas que en un ſegundo, determinan, haver ſucedido el Solſticio el 21 à medio dia; porque en tal caſo $x = \frac{b^2c - a^2d}{2ad + 2bc} = 0$; à cauſa de que $b = a$, $c = d$: lo qual conviene muy bien con las Tablas Aſtronomicas.

Eſtablecido pues el Solſticio el 21 à medio dia; para que las obſervaciones ſigan la ley, que ſe dixo en el Capitulo antecedente, y queden lo menos alteradas, que ſea poſsible, ſe han de corregir de eſta forma.

## Obſervaciones correctas de la diſtancia Meridiana del centro del Sol al Zenith, hechas en

| | |
|---|---|
| 20 de Junio de 1737 | 23° 41′ 17$\frac{1}{2}$″ |
| 21 | 32 |
| 22 | 37$\frac{1}{2}$ |
| 23 | 40 34 |
| 24 | 39 21$\frac{1}{2}$ |

En eſtas obſervaciones el mayor yerro no paſſa de 6$\frac{3}{4}$″: y ſegun la correccion, la diſtancia Meridiana del Tropico de Cancer al Zenith de *Quito* es de 23° 41′ 32″.

# CONCLUSION.

DEterminadas yà las dos diſtancias Meridianas de los Trópicos al Zenith de *Quito*, la ſuma de ellas nos darà la diſtancia entre los Trópicos; y la mitad de èſta la maxima Obliquidad de la Ecliptica: por lo qual,

| | | | |
|---|---|---|---|
| Diſtancia Meridiana del Trópico de Capricornio al Zenith de *Quito* | 23° | 15′ | $09\frac{1}{4}$″ |
| la miſma del Trópico de Cancer | 23 | 41 | 32 |
| Suma, diſtancia entre los Trópicos | 46 | 56 | $41\frac{1}{4}$ |
| Semiſuma, maxima Obliquidad de la Eclipt. | 23 | 28 | $20\frac{5}{8}$ |

Eſto es, deſpreciando el corto quebrado; la maxima Obliquidad de la Ecliptica à fines de Marzo de 1737 fuè de 23° 28′ 20″: cuya cantidad ſe hallò tambien en el Obſervatorio de *Parìs*, en el año 1738, como ſe vè en los *Elementos de Aſtronomìa* de *M. Caſsini* pagina 113.

## CAPITULO IV.

### *Reflexiones ſobre la diminucion de la maxima Obliquidad de la Ecliptica.*

YA ſe dixo en el Capitulo primero, como varios Authores ſon de dictamen, de que la Obliquidad de la Ecliptica diſminuye anualmente, fundados en que las obſervaciones, que ſe han hecho de ella, ſe hallan menores, y menores: y que eſte ſentir no ha ſido generalmente recibido, à cauſa de que no ſe hallaba la exactitud neceſſaria en los Inſtrumentos de los Antiguos. Lo primero ſe examinarà, cotejando las diverſas obſervaciones hechas en todos tiempos, empezando por la de *Pithèas*, que

es

es la mas antigua, de que tenemos memoria: las quales ſe hallan en varios Authores, como ſe ſigue.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| *Pithèas* . . . . . . | 324 | años antes de Jeſu Chriſto la hallò de | 23° 52′ | 41″ |
| *Eratòſthenes* | 230 | | 51 | 20 |
| *Hiparcho* | 140 | | 51 | 20 |
| *Ptolomèo* | 140 | años deſpues de J. C. | 51 | 10 |
| *Pappo* | 390 | | 30 | 00 |
| *Albategnio* | 880 | | 35 | 00 |
| *Arzachel* | 1070 | | 34 | 00 |
| *Prophacio* | 1300 | | 32 | 00 |
| *Regiomontano* | 1460 | | 30 | 00 |
| *Walthero* | 1500 | | 30 | 00 |
| *Copernico* | 1525 | | 28 | 30 |
| *Rothmano, y Byrgio* | 1570 | | 30 | 20 |
| *Dantìcio* | 1570 | | 29 | 55 |
| *Tycho* | 1587 | | 31 | 30 |
| *Keplero* | 1627 | | 30 | 30 |
| *Gaſſendo* | 1636 | | 31 | 00 |
| *Riccioli* | 1646 | | 30 | 20 |
| *Caſsini* | 1656 | | 29 | 02 |
| *Richèr* | 1672 | | 28 | 54 |
| *M. de Louville* | 1715 | | 28 | 24 |
| Por las ultimas obſervaciones de 1737, y 1738 | | | 28 | 20 |

Si ſe admiten por exactas las obſervaciones de los Añtiguos, no hay duda, que la maxima Obliquidad de la Ecliptica ha diſminuído deſde el tiempo de Jeſu Chriſto al nueſtro; pero ſi ſe hace atencion à muchas de ellas, ſe verà por ſu poca concordancia comprobada la opinion, que atribuye la alteracion de ellas à la poca exactitud de los Inſtrumentos antiguos: pues ſi *Ptolomèo* nos aſigna

23° 51′ 10″; *Pappo* con ſola la diferencia de 250 años nos dà 23° 30′, aproximandoſe mucho à nueſtras obſervaciones modernas, que ſe han hecho 1300 años deſpues: y al contrario en 200 años, que ſe han paſſado deſde la obſervacion de *Copernico* à las nueſtras, no ſe halla caſi diferencia en la aſignacion de la maxima Obliquidad de la Ecliptica; quando la de *Tycho* es 3 minutos mayor, que la primera, haviendoſe hecho mucho deſpues.

Si el cotejo de las obſervaciones de los Antiguos nos enſeñan la poca exactitud de ſus Inſtrumentos, mucho mas ſe reconoce, haciendo atencion à la conſtruccion, y uſo de èſtos. Un Eſtilo erigido perpendicularmente ſobre una ſuperficie plana, ò concava, era el ordinario de ellos; y el notar la ſombra del miſmo Eſtilo ſobre la ſuperficie, y deſpues hallar por medida la razon del Eſtilo à la ſombra, y por èſta el angulo de la altura del Aſtro, era toda la practica del Inſtrumento. Ahora pues, à quantos errores no eſtà expueſto todo ello? aunque ſe preſcinda de la conſtruccion del Inſtrumento, en la qual ſolo para erigir el Eſtilo perpendicularmente havrà mil dificultades, bien ſabido es, que la ſombra del Eſtilo no determina ni el limbo ſuperior del Sol, ni el inferior, ni el centro, como lo manifieſta *M. Bouguer* en ſu obra intitulada *De la methode d'obſerver exactement ſur Mer la hauteur des Aſtres* pag. 36, ſobre cuyo aſſumpto hizo varias experiencias: por lo qual qualquiera de los tres puntos referidos, que tomaſſen los Antiguos por legitimo, no podìa dexar de darles yerros conſiderables; à mas del que por otro lado les daría la averiguacion de la razon del Eſtilo à la ſombra, en lo qual las mayores precauciones del Mundo no ſon ſuficientes.

Eſtas

Eſtas reflexiones hicieron con mucha razon, que no admitieſſen algunos la diminucion de la Obliquidad de la Ecliptica; pero ſin embargo, parece no haver motivo, mas que para dudar de ello: porque la miſma diſcordancia entre las obſervaciones, no llega à probar mas, que la poca ſeguridad de ellas.

El miſmo motivo de duda ſe hallarà, aun atendiendo ſolo à las obſervaciones modernas; porque aunque èſtas convengan, para afirmar la exactitud de las operaciones, la diminucion que nos dàn de la Obliquidad de la Ecliptica, no es de tal ſuerte, que ſe pueda afirmar: ſi ſe ſupone la diminucion entre las obſervaciones de *M. M. Richer*, y *de Louville* cierta, eſto es, de 3″ en 43 años, no ſe halla la miſma entre las de *M. de Louville*, y nueſtras, las quales no dàn mas que 4″ en 27 años; lo que mas prueba conſtancia en la Obliquidad de la Ecliptica, que la pretendida diminucion.

Sin embargo ſe puede dexar la queſtion indeciſa, haſta que el tiempo, con mayor numero de obſervaciones exactas, nos la reſuelva: y dirè por ultimo, que por las que tiene practicadas *M. le Monnier* de la *R. Academia de las Ciencias de Parìs* anualmente, ſe inclina eſte Aſtronomo à creer, que la maxima Obliquidad de la Ecliptica varìa, pero no con el orden de diſminuir conſtantemente; ſino que algunos años diſminuye, y otros aumenta: cuyo dictamen no ſolo perſuaden la ſutileza, y preciſion de los Inſtrumentos, que vì en ſu Obſervatorio de *Parìs*, ſino tambien la miſma diſcordancia, que notamos arriba, de las obſervaciones antiguas, y modernas. Eſte ſentir, preſcindiendo de ſu realidad, conviene muy bien con la theorica de la Aſtronomìa moderna; pues en ella los varios

lu-

lugares de la Luna respecto del Sol, deben alterar la maxima Obliquidad de la Ecliptica, no solo en el discurso de años; sino tambien en el de meses, como se puede vèr en la proposicion 21 del Libro 3 de la *Philosophìa natural* de *M. Newton*, y en la *Astronomìa Phisica* del *Doct. Gregòri*, donde se habla ampliamente.



Tabla

Tabla de la Paralaxe ſegun el *Conocimiento de los tiempos.*

| Alturas aparentes. | Paralaxe. |
|---|---|
| ° | ′ ″ |
| 0 | 0 10 |
| 10 | 0 10 |
| 20 | 0 09 |
| 30 | 0 09 |
| 40 | 0 08 |
| 50 | 0 06 |
| 60 | 0 05 |
| 70 | 0 03 |
| 80 | 0 02 |
| 90 | 0 00 |

# Tabla de Refracciones Aſtronomicas para todo el extendido de la Zona Torrida obſervadas por *M. Bouguer.*

| Alturas aparentes. | Refraccion. | Alturas aparentes. | Refraccion. | Alturas aparentes. | Refraccion. |
|---|---|---|---|---|---|
| ° | ′ ″ | ° | ′ ″ | ° | ′ ″ |
| 0 | 27 00 | 31 | 00 53 | 61 | 00 17 |
| 1 | 20 31 | 32 | 00 51 | 62 | 00 17 |
| 2 | 15 49 | 33 | 00 49 | 63 | 00 16 |
| 3 | 12 10 | 34 | 00 47 | 64 | 00 15 |
| 4 | 10 01 | 35 | 00 46 | 65 | 00 14 |
| 5 | 08 21 | 36 | 00 44 | 66 | 00 14 |
| 6 | 07 03 | 37 | 00 43 | 67 | 00 13 |
| 7 | 05 49 | 38 | 00 41 | 68 | 00 13 |
| 8 | 05 02 | 39 | 00 40 | 69 | 00 12 |
| 9 | 04 42 | 40 | 00 38 | 70 | 00 12 |
| 10 | 03 44 | 41 | 00 37 | 71 | 00 11 |
| 11 | 03 15 | 42 | 00 36 | 72 | 00 11 |
| 12 | 02 52 | 43 | 00 34 | 73 | 00 10 |
| 13 | 02 29 | 44 | 00 33 | 74 | 00 09 |
| 14 | 02 15 | 45 | 00 32 | 75 | 00 08 |
| 15 | 02 05 | 46 | 00 31 | 76 | 00 7½ |
| 16 | 01 56 | 47 | 00 30 | 77 | 00 7 |
| 17 | 01 49 | 48 | 00 29 | 78 | 00 6½ |
| 18 | 01 42 | 49 | 00 28 | 79 | 00 6 |
| 19 | 01 36 | 50 | 00 27 | 80 | 00 5½ |
| 20 | 01 30 | 51 | 00 26 | 81 | 00 5 |
| 21 | 01 25 | 52 | 00 25 | 82 | 00 4½ |
| 22 | 01 20 | 53 | 00 24 | 83 | 00 4 |
| 23 | 01 16 | 54 | 00 23 | 84 | 00 3½ |
| 24 | 01 13 | 55 | 00 22 | 85 | 00 3 |
| 25 | 01 09 | 56 | 00 21 | 86 | 00 2 |
| 26 | 01 06 | 57 | 00 21 | 87 | 00 1½ |
| 27 | 01 03 | 58 | 00 20 | 88 | 00 1 |
| 28 | 01 01 | 59 | 00 19 | 89 | 00 0½ |
| 29 | 00 58 | 60 | 00 18 | 90 | 00 0 |
| 30 | 00 56 | | | | |

Tabla de los Diametros horizontales del Sol, obſervados por *M. de Louville.*

| Anomalia de el Sol verdadera. | | Diametros del Sol. |
|---|---|---|
| Sig. | ° | ′ ″ |
| 0 | 0 | 31 33 |
| | 5 | 31 33 |
| | 10 | 31 34 |
| | 15 | 31 35 |
| | 20 | 31 35 |
| | 25 | 31 36 |
| | 30 | 31 37 |
| 1 | 5 | 31 38 |
| | 10 | 31 40 |
| | 15 | 31 42 |
| | 20 | 31 44 |
| | 25 | 31 47 |
| | 30 | 31 49 |
| 2 | 5 | 31 51 |
| | 10 | 31 54 |
| | 15 | 31 56 |
| | 20 | 31 59 |
| | 25 | 32 01 |
| | 30 | 32 04 |
| 3 | 5 | 32 07 |
| | 10 | 32 10 |
| | 15 | 32 12 |
| | 20 | 32 15 |
| | 25 | 32 18 |
| | 30 | 32 20 |
| 4 | 5 | 32 23 |
| | 10 | 32 25 |
| | 15 | 32 27 |
| | 20 | 32 30 |
| | 25 | 32 31 |
| | 30 | 32 33 |
| 5 | 5 | 32 34 |
| | 10 | 32 35 |
| | 15 | 32 36 |
| | 20 | 32 36 |
| | 25 | 32 37 |
| | 30 | 32 37 |

# LIBRO II.

## De las Obſervaciones de Latitud.

### CAPITULO I.

*Que contiene las Obſervaciones hechas con el Annulo Aſtronomico, y el Quarto de circulo.*

UNO de los puntos, mas eſſenciales de las Cartas hydrographicas, es el ſituar exactamente los Lugares en ſu verdadera Latitud, por ſer ſolo èſte el unico dato, de que ſe valen los Marineros, y en el que eſtriva ſu mayor ſeguridad. Por eſte motivo entre las ordenes, que ſe ſirviò S. M. incluir en la Inſtruccion, que nos diò, antes de ſalir de *Cadiz*, fuè una, que obſervàſſemos las Latitudes de los Lugares, por donde tranſitaſſemos, à fin de perficionar con ellas la Geographía, y la Navegacion. Para eſtas, y otras obſervaciones, que ſe nos mandaban hacer en la miſma Inſtruccion, ſe embiaron las ordenes neceſſarias à *Parìs*, para que ſe nos dirigieſſen los Inſtrumentos propios al intento; advirtiendonos, que era preciſo emprender el Viage antes de ſu concluſion, por no perder el que hacìan à *Cartagena* los dos Navios de guerra el *Conquiſtador*, y el *Incendio*, y eſtàr prontos anticipadamente à hacerle tambien los Académicos Franceſes.

Con eſto haviendo ſalido de *Cadiz*, y llegando à *Cartagena*, no encontrando allì à los Académicos Franceſes, y deſeoſos de ocuparnos en hacer algunas obſervaciones, ſupimos, que en poder de *D. Joſeph Herrera* ſe hallaban un

Annulo Aſtronómico, y dos Teleſcópios; ſiendo el primero, el que havía ſervido al *P. Feuillée* en ſu Viage al *Perù*, y deſcribe en ſu tratado ſobre el aſſumpto: ſolicitamoslos del dueño; de quien haviendolos obtenido, procuramos igualmente un Pendulo, que nos fuè ſubminiſtrado por *D. Joſeph Baròn*: con cuyos Inſtrumentos tuvimos lo eſſencial, para executar algunas obſervaciones; aunque no de la mayor juſtificacion, porque el Annulo no es Inſtrumento de la preciſion, que requieren las obſervaciones Aſtronómicas: pero en el caſo, que no ſe preſentaba otro, y en el intermedio, que llegaban los de S. M, nos pareciò mas conveniente el aprovecharnos de èl, que perder el tiempo ocioſamente: ſin embargo no diſcordaron mucho las obſervaciones executadas con èl, de las que ſe hicieron con el Quarto de circulo, como ſe verà adelante.

Como el *P. Feüillée* diò la deſcripcion de eſte propio Inſtrumento, ſegun dixe, no creo neceſſario hacerla yo de nuevo; y mas no ſiendo muy à propoſito para el efecto. Solo me parece conveniente advertir, que ſu poca juſtificacion llega à tanto, ſin embargo de lo que dice el *P. Feüillée*, que un minuto mas, ò menos de altura no es yerro ſenſible en èl: la imagen del Sol la repreſenta no mas grueſſa, que de dos lineas de diametro, y por conſiguiente una linea vale en el 16 minutos, y un minuto $\frac{1}{16}$ de linea; cantidad, que puede muy facilmente dexar de percebir el Obſervador: y aſsì ſerà baſtante juſtificacion juzgar prudentemente la altura del Aſtro en eſte Inſtrumento (no teniendo mas diviſiones, que la de grados enteros) à un minuto de diferencia: agregandoſe à eſto, que dicha imagen eſtà ſiempre tan confuſa, y mal terminada, que

que es de ſuma dificultad el notar ſu diſco, y juzgar la altura, en que ſe halla; no obſtante en los dias claros, y de buen Sol, que aſsì los requiere el Inſtrumento, al inſtante, que el Planeta havìa llegado al Meridiano (cuya hora, minuto, y ſegundo teníamos examinada en el Pendulo, por las alturas correſpondientes, como ſe dirà en el libro ſiguiente) ſeñalabamos, lo mejor que permitía la terminacion del diſco, un punto ſobre èl, que deſpues examinabamos con una Pantometra, quanto diſtaba del mas cercano grado, y concluìamos la altura Meridiana del Sol.

En eſta conformidad hicimos las obſervaciones, que ſe ſiguen, ſiendo la primera la del dia 25 de Julio de 1735.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Altura Meridiana aparente del limbo ſuperior del Sol | 81° | 00′ | 00″ |
| Refraccion ſubſtractiva | | | 5 |
| Altura Meridiana verdadera del limbo ſuperior del Sol | 80 | 59 | 55 |
| Semidiametro aparente del Sol ſubſtractivo | | 15 | 48 |
| Altura verdadera del centro del Sol | 80 | 44 | 07 |
| Declinacion ſeptentrional aditiva | 19 | 42 | $36\frac{1}{2}$ |
| Latitud de *Cartagena* | 10 | 26 | $43\frac{1}{2}$ |

La refraccion, y ſemidiametro aparente, que empleo, ſon los que dì en las tablas del Libro antecedente. La Declinacion del Sol la he deducido por las que inſerto al ultimo de èſte, que calculámos *M. Godin*, y Yo, por no hallarſe ningunas, entre tantas como traen los Authores, que dexen arbitraria la maxima Declinacion del Sol, como ſe vè en èſtas; haviendome ſervido al preſente de 23° 28′ 20″ en conformidad de lo que determinamos en el Libro antecedente. El lugar del Sol en la Ecliptica, para

deducir la Declinacion por dichas tablas, lo he calculado por las de *M. de la Hire*, que ſon las que copiò el *P. Toſca* en ſu tomo octavo de Mathematicas: y las diferencias de Meridianos, que empleo para eſte efecto, ſon las que expondré en el Libro ſiguiente.

En el caſo antecedente de hallar la Latitud, no corregì la paralaxe, por ſer con corta diferencia cero en el grado de altura, que ſe obſervò; pero en los demàs, donde huvieſſe alguna, empleo la que dì en la tabla del Libro antecedente, que fuè la que obſervò *M. Caſsini*; aunque algunos Authores la dàn mayor, haſta ſeñalar la horizontal de 40 ſegundos: no obſtante *M. M. Newton*, y *Flamſteed* no la creen mas que de 12 ſegundos, que caſi concuerda con la de *M. Caſsini*, por cuyo motivo me he valído de ella.

No ſirviendo mas que de confuſion, y alargar la narracion, incluir los elementos de los calculos de las Latitudes; me parece mas propio, deſpues de haver explicado el methodo, con que ſe obſervaba, y notado los Authores, de quienes he ſacado tanto las refracciones, como ſemidiametros aparentes, Declinaciones, y paralaxes, formar una tabla de todas las obſervaciones, en la qual ſe incluyan los dias, en que ſe hicieron, los ſugetos que obſervaron, la altura Meridiana, que ſe hallò, y en fin la reſulta de ella, deſpues del calculo hecho, eſto es, la Latitud que reſulta; y con eſſo ſe tienen en una ſola pagina todas las obſervaciones hechas, y ſe evita recorrer el Libro entero para hallarlas: pudiendo ademàs de eſto el curioſo, ſi le pareciere, teniendo la obſervacion, y el dia, en que ſe hizo, calcular la Latitud con otros elementos, que mas bien le quadraren: pero diſcurro, que los de que me hè valìdo, ſon los mas adequados, y recibidos.

Ob-

Obſervaciones de Latitud, hechas en *Cartagena* por *D. Antonio de Ulloa*, y por mì con el Annulo aſtronómico, que fuè del *P. Feüillée*.

| | | Alturas Meridianas del Limbo ſuperior del Sol. | | | Latitud de *Cartagena*. N. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ° | ′ | ″ | ° | ′ | ″ |
| 1735. Julio | 25 | 80 | 00 | 00 | 10 | 26 | 43½ |
| | 27 | 81 | 25 | 00 | | 25 | 15 |
| | 29 | | 53 | 52 | | 26 | 22½ |
| Agoſto | 1 | 82 | 37 | 22 | | 25 | 58 |
| | 2 | | 52 | 52 | | 26 | 11½ |
| | 7 | 84 | 12 | 08 | | 24 | 57 |
| | 9 | | 48 | 00 | | 26 | 43 |
| | 13 | 85 | 57 | 50 | | 25 | 18½ |
| | 19 | 87 | 51 | 55 | | | 37 |
| Septiembre | 6 | 86 | 18 | 00 | | 26 | 46 |
| | 9 | 85 | 12 | 30 | | 24 | 35½ |
| | 11 | 84 | 26 | 30 | | 25 | 02 |
| | 15 | 82 | 53 | 20 | | 26 | 07½ |
| | 17 | | 07 | 00 | | | 03 |
| | 24 | 79 | 22 | 34 | | | 55 |
| | 26 | 78 | 36 | 35 | | | 00 |
| Octubre | 17 | 70 | 33 | 11 | | 27 | 12 |
| Noviembre | 12 | 62 | 06 | 00 | | 26 | 23 |

Aſsi que llegaron à la Baìa de *Cartagena* los Académicos Franceſes, deſembarcò *M. Godin* ſu Quarto de circulo de 22 pulgadas de radio, con el qual ſe hicieron las obſervaciones, que ſe ſiguen.

Ob-

Obſervaciones de Latitud, que hicimos en *Cartagena*, juntamente con los tres Acadèmicos Franceſes, con el Quarto de circulo ſobredicho.

| | Limbos del Sol, ò Eſtrellas | Alturas Meridianas. | | | Latitud de *Cartagena*. N. | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ° | ′ | ″ | ° | ′ | ″ | |
| 1735 Noviemb. 18 | α de la NaveArgos | 27 | 02 | 20 | 10 | 26 | 40 | |
| | α de el Can mayor | 63 | 12 | 10 | | | 52 | |
| | β de Geminis | 71 | 46 | 40 | | 24 | 55 | |
| | Limb. ſup. del Sol. | 60 | 35 | 00 | | 25 | 27 | |
| 19 | | | 20 | 35 | | | 36½ | Σ |
| 20 | Limb. inf. del Sol. | 59 | 34 | 05 | | | 49½ | |
| 22 | | | 06 | 15 | | 27 | 08 | |
| 23 | | 58 | 55 | 05 | | 25 | 47½ | |

Eſtas alturas eſtàn corregidas del error del anteojo.

Las letras griegas, que pongo en la coluna de los limbos del Sol, ò Eſtrellas, ſon, con las que marca las miſmas Eſtrellas *Bayèr*; y las Declinaciones,que de èſtas empleè en el calculo, para deducir la Latitud, ſon, las que expone en ſu Cathalogo *M.Flamſteed*, que es el mas bien recibido.

Las obſervaciones hechas con el Quarto de circulo ſe executaron en *Cartagena*, junto à la *Contaduría*; y las con el Annulo, junto al *Tejadillo*: eſto es, 258 toeſas mas al Norte; que hacen 16 ſegundos: y aſsí para cotejar las unas con las otras, es neceſſario quitar à las del Annulo, ò añadir à las del Quarto de circulo 16 ſegundos.

Haviendo llegado à *Portobelo*,ſe hicieron por los miſmos las obſervaciones, que ſe ſiguen.

Ob-

NOTA. Todas las obſervaciones, que tuvieſſen eſta letra Σ,ſe hicieron con el Quarto de circulo de *M.Godin*, que tenìa 22 pulgadas de radio: y todas, las que tuvieren la Π, ſe hicieron con el Quarto de circulo, que S. M. nos mandò remitir de *Paris*, que tenìa 24 pulgadas de radio.

Obſervaciones de Latitud hechas en *Portobelo.*

| | | Limbos del Sol, ò Eſtrallas. | Alturas Meridianas. | | | Latitud de *Portobelo.* N. | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1735 | | | o | ' | '' | o | ' | '' | |
| Diciembre | 5 | Limb. ſup. del Sol | 58 | 17 | 20 | 9 | 34 | 33 | |
| | 6 | γ del Persèo | 47 | 06 | 40 | | 33 | 31 | |
| | 8 | Limb. ſup. del Sol | 57 | 56 | 44 | | 34 | 15½ | |
| | | γ de la Caſsiopèa | 40 | 17 | 20 | | | 24 | |
| | | α del Persèo | 50 | 40 | 00 | | 33 | 26 | |
| | | δ | 52 | 38 | 30 | | 32 | 39½ | |
| | | c | | 34 | 05 | | | 50 | |
| | 9 | α de Auriga | 53 | 52 | 15 | | 34 | 19½ | Σ |
| | | Limb. inf. del Sol | 57 | 17 | 40 | | | 42 | |
| | 10 | α de Tauro | 83 | 36 | 00 | | 32 | 57½ | |
| | 11 | β de Auriga | 54 | 41 | 30½ | | 34 | 53 | |
| | 12 | Limb. inf. del Sol | 57 | 02 | 55½ | | | 01½ | |
| | 13 | | 56 | 58 | 30 | | | 12 | |
| | 16 | Limb. ſup. del Sol | 57 | 21 | 15 | | | 10 | |
| | 17 | | | 18 | 55 | | | 10 | |

De paſſo, ò tranſito de *Portobelo* à *Panamà* por el *Rio de Chagres* hicimos las obſervaciones, que ſe ſiguen.

En el Pueblo de *S. Franciſco de Cruzes.*

| | | Limbos del Sol, ò Eſtrellas. | Alturas Meridianas. | | | Latitud de *Cruzes.* | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1735 | | | o | ' | '' | o | ' | '' | |
| Diciembre | 27 | Limb. ſup. del Sol | 57 | 47 | 10 | 9 | 08 | 11½ | |
| | | β de Auriga | 54 | 16 | 00 | | | 52 | Σ |
| | | α de la NaveArgos | 28 | 20 | 00 | | | 53 | |
| | | α del Can mayor | 64 | 30 | 00 | | 09 | 00 | |
| | 28 | Limb. inf. del Sol | 57 | 17 | 50 | | 07 | 43 | |

En

## En *Panamà*.

| | Obſervadores. | Limbos del Sol, ò Eſtrellas. | Alturas Meridianas. | | | Latitud de *Panamà*.N. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ° | ′ | ″ | ° | ′ | ″ |
| 1735 Dic. 31 | *M.Godin, D.Antonio de Ulloa,y yo* | α de Auriga | 53 | 16 | 30 | 8 | 58 | 34 |
| 1736 | | ϐ | 54 | 04 | 50 | | | 12 |
| Ener. 1 | | Limb.ſup.del Sol | 58 | 16 | 35 | | 57 | $32\frac{1}{2}$ |
| | | α de Auriga | 53 | 15 | 40 | | | 44 |
| 2 | | Limb.ſup.del Sol | 58 | 21 | 45 | | | $31\frac{1}{2}$ |
| | | ϐ de Auriga | 54 | 04 | 35 | | | 57 |
| | | α de laNaveArg. | 28 | 29 | 55 | | 58 | 54 |
| 3 | | ϐ de Auriga | 54 | 04 | 40 | | | 02 |
| | | α de laNaveArg. | 28 | 29 | 55 | | | 54 |
| 25 | *M. Godin* | Limb.ſup.del Sol | 62 | 18 | 32 | | 57 | 25 |
| 27 | *M.Godin*,y Ulloa | Limb. inf.del Sol | | 15 | 52 | | | 49 |
| 28 | *M. Godin* , y yo | | | 31 | 50 | | | 29 |
| Feb. 12 | *M. Godin* | | 67 | 02 | 05 | | | 12 |
| 13 | *M. Godin*, y yo | Limb.ſup.del Sol | | 54 | 50 | | 58 | $00\frac{1}{2}$ |
| 16 | *M.Godin* | | 68 | 56 | 10 | | 57 | 07 |

## En el Puerto , ò Playa de *Manta* de la juriſdiccion de *Guayaquìl*.

| | Obſervadores. | Limbos del Sol, ò Eſtrellas. | Alturas Meridianas. | | | Latitud de *Manta*. S. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1736 | | | ° | ′ | ″ | ° | ′ | ″ |
| Mar 10 | *M. Godin* , y yo | Limb.ſup.del Sol | 87 | 25 | 29 | 00 | 56 | 07 |
| 11 | *M. Godin,D.Antonio de Ulloa*,y yo | α de Geminis | 56 | 37 | 34 | | | 28 |

En

## En la Ciudad vieja de *Guayaquìl.*

| | Obſervadores. | Limbos del Sol, ò Eſtrellas. | Alturas Meridianas. | | | Latitud de *Guayaquìl.* S. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1736 | | | ° | ' | '' | ° | ' | '' |
| Mar. 28 | *M.Godin, D.Antonio de Ulloa, y* yo | Limb. inf. del Sol | 84 | 14 | 59 | 02 | 11 | 05 |
| 30 | | | 83 | 28 | 54 | | | 45 |
| Abril 1 | | | 82 | 41 | 49 | | | 27 |
| 2 | | γ de la Oſſa may. | 32 | 40 | 04 | | | 00 |
| 3 | | θ | 34 | 57 | 56½ | | | 44 |
| | | φ | 32 | 33 | 14 | | | 23 |
| | | α | 24 | 40 | 24 | | | 05 |
| | | γ | 32 | 40 | 19 | | | 45 |
| | | δ | 29 | 19 | 54 | | | 43 |
| | | ε | 30 | 26 | 09 | | | 03 |
| | | ζ | 31 | 30 | 44 | | | 05 |
| 7 | | Limb. inf. del Sol | 80 | 25 | 26 | | | 18 |
| 8 | | | | 03 | 12 | | | 07 |
| 9 | | *l* de la Oſſa may. | 38 | 46 | 19 | | 10 | 48 |
| | | β | 30 | 02 | 59 | | | 23 |
| | | Ψ | 41 | 54 | 04 | | 11 | 16 |
| | | δ de Leo | 65 | 50 | 46 | | | 49 |
| | | θ | 70 | 56 | 19 | | 12 | 13 |
| | | γ de la Oſſa may. | 32 | 40 | 26 | | 10 | 38 |
| | | ε | 30 | 25 | 59 | | 10 | 16½ |
| | | ζ | 31 | 31 | 45 | | | 01 |
| 10 | | Limb. ſup. del Sol | 79 | 50 | 59 | | 11 | 10 |
| 11 | | Limb. inf. del Sol | 78 | 56 | 34 | | | 24½ |
| 17 | por mì | | 76 | 47 | 24 | | | 54 |
| 18 | | | | 27 | 04 | | | 27 |
| 25 | *M.Godin, D.Ant. Ulloa,* y yo | Limb. ſup. del Sol | 74 | 36 | 34 | | | 24½ |
| 28 | *D.An. Ulloa*, y yo | Limb. inf. del Sol | 73 | 09 | 09 | | | 39½ |

E En

## En el *Caracòl*, Pueblo en el Rio de *Guayaquìl*.

| | Obſervadores. | Limbos del Sol, ò Eſtrellas | Alturas Meridianas. ° | ' | " | Latitud del *Caracòl*. S. ° | ' | " |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1736 May 12 | *M. Godin, D. Antonio de Ulloa*, y yo | β de la Oſſa may. | 30 | 34 | 59 | 01 | 38 | 18 |
| | | α | 25 | 12 | 24 | | | 07 |
| | | γ del Crucero | 34 | 24 | 44 | | 39 | 16 |
| | | ζ | 30 | 02 | 44 | | 37 | 51 Σ |
| | | ε | 36 | 02 | 21 | | | 33 |
| | | ξ | 33 | 27 | 04 | | 38 | 33 |
| | | Limb. inf. del Sol | 69 | 30 | 39 | | 39 | 21 |
| | | β de la Oſſa may. | 30 | 34 | 39 | | 38 | 38 |
| | | α | 25 | 12 | 46 | | 37 | 45 |
| | | γ | 33 | 12 | 04 | | 39 | 03 |

## En *Guaranda*, Pueblo del Corregimiento de *Chimbo* en el Reyno de *Quito*.

| | Obſervadores. | Limbos del Sol, ò Eſtrellas. | Alturas Meridianas. ° | ' | " | Latitud de *Guaranda*. S. ° | ' | " |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1736 May. 20 | *M. Godin, D. Ant. de Ulloa*, y yo | α de la Nave Arg. | 39 | 03 | 14 | 01 | 34 | 45 |
| | | ε del Crucero | 35 | 59 | 21½ | | | 33½ Σ |
| | | ξ | 32 | 22 | 33½ | | | 02½ |
| | | ζ de la Oſſa may. | | 07 | 14 | | | 37 |
| | | η | 37 | 47 | 09 | | | 40 |

## En *Hambato*, Aſsiento del Corregimiento de *Riobamba* en el miſmo Reyno.

| | Obſervadores. | Limbos del Sol ò Eſtrellas. | Alturas Meridianas. ° | ' | " | Latitud de *Hambato*. S. ° | ' | " |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1736 May. 25 | *M Godin, D. Ant. de Ulloa*, y yo | Limb. ſup. del Sol. | 67 | 56 | 34 | 01 | 13 | 55 Σ |

En *Latacunga*, capital de ſu Correg. en el miſmo Reyno.

| | Obſervadores. | Limbos del Sol, ò Eſtrellas | Alturas Meridianas. | | | Latitud de *Latacunga*. S. | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1736 | | | ° | ′ | ″ | ° | ′ | ″ | |
| May 26 | *M. Godin, D. Antonio de Ulloa, y yo* | ε de la Oſſa mayor | 31 | 42 | 09 | 00 | 54 | 03 | Σ |
| | | ζ | 32 | 46 | 49 | | 55 | 00 | |

En *Quito*, capital del Reyno del miſmo nombre.

| | Obſervadores. | Limbos del Sol, ò Eſtrellas. | Alturas Meridianas. | | | Latitud de *Quito*. S. | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1736 | | | ° | ′ | ″ | ° | ′ | ″ | |
| May. 30 | *M.Godin, D.Ant. de Ulloa*, y yo | ε de la Oſſa may. | 32 | 23 | 25 | 00 | 12 | 46 | |
| | | ζ | 33 | 28 | 37½ | | 13 | 11 | |
| | | η | 39 | 08 | 45 | | | 00 | |
| Jun. 1 | | Limb. inf. del Sol | 67 | 20 | 40 | | | 35 | |
| 3 | *M. Godin* | Limb. ſup. del Sol | | 37 | 05 | | | 41 | |
| 8 | *D. Ant. de Ulloa*, y yo | Limb. inf. del Sol | 66 | 34 | 39 | | | 48 | |
| 12 | | Limb. ſup. del Sol | | 47 | 58 | | | 46½ | |
| 15 | *M. Godin, y D. Antonio Ulloa* | | | 40 | 05 | | | 55 | Σ |
| 22 | *M. Godin, D. Ant. Ulloa*, y yo | | | 34 | 07½ | | | 56 | |
| 23 | | Limb. inf. del Sol | | 03 | 37 | | | 51 | |
| 26 | *D. Ant. de Ulloa* | Limb. ſup. del Sol | | 40 | 00 | | | 45½ | |
| Julio 4 | | | 67 | 11 | 30 | | | 15½ | |
| 18 | *M. Godin.* | Limb. inf. del Sol | 68 | 34 | 00 | | | 51 | |
| 27 | por mì | | 70 | 24 | 50 | | | 55 | |
| 28 | | | | 39 | 00 | | | 41 | |
| Ag. 11 | | | 74 | 25 | 10 | | | 25 | |
| 1737 Ener. 8 | *D Ant. Ulloa*, y yo | Limb. inf. del Sol | 67 | 46 | 45 | | | 37 | |
| 13 | | | | 33 | 55 | | | 29 | Π |
| 14 | | Limb. ſup. del Sol | 69 | 16 | 50 | | | 04 | |
| 17 | | Limb. inf. del Sol | | 19 | 00 | | | 18 | |
| 18 | | Limb. ſup. del Sol | 70 | 03 | 30 | | 12 | 53 | |

## En *Cayambe*, Pueblo del corregimiento de *Otavàlo* en el Reyno de *Quito*.

| | Obſervadores. | Limbos del Sol. | Alturas Meridianas. ° ′ ″ | Lntitud de *Cayambe*. N. ° ′ ″ | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1736 Sep. 23 | *M. Godin, y D. Antonio de Ulloa.* | Inferior. | 89 21 19½ | 00 01 35. | Σ |

## En *Oyambàro*, extremo Meridionàl de la Baſe medida en el llano de *Yaruquì*, que ſirviò de fundamental para la medida de la Meridiana.

| | Obſervadores. | Limbos del Sol. | Alturas Meridianas. ° ′ ″ | Latitud de *Oyambàro*. S. ° ′ ″ | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1736 Novi. 8 | *M. Godin*, y yo | Inferior. | 73 05 27½ | 00 11 07 | Σ |
| 9 | *M. Godin* | | 72 49 02½ | 51 | |

## En *Carabùru*, extremo ſeptentrionàl de la miſma Baſe.

| | Obſervadores. | Limbos del Sol. | Alturas Meridianas. ° ′ ″ | Latitud de *Carabùru*. S. ° ′ ″ | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1736 Nov 24 | *M. M. Godin, Bouguer, la Condam. D. Ant. de Ulloa*, y yo | Inferior. | 69 05 29 | 00 06 13½ | Σ |

## En *Riobamba*, capital de ſu Corregimiento en el Reyno de *Quito*.

| | Obſervadores. | Limbos del Sol. | Alturas Meridianas. ° ′ ″ | Latitud de *Riobamba*. ° ′ ″ | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1738 Oct. 27 | *M. Godin*, y yo | Superior. | 79 04 31½ | 01 42 12 | |
| 31 | | | 77 45 01½ | 10 | Σ |
| Nov 14 | *M. M. Bouguer, la Condamin, y D. Ant. de Ulloa* | Inferior. | 73 05 20 | 41 44 | |
| 16 | | | 72 34 20 | 01 | |

En

En *Los Azogues*, Pueblo del Corregimiento de Cuenca en el Reyno de *Quito*.

| | Obſervadores. | Limbos del Sol. | Alturas Meridianas. | | | Latitud de *Los Azogues*. S. | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ° | ' | '' | ° | ' | '' | |
| | *M. Godin*, y yo | Inferior. | 63 | 37 | 45 | 02 | 44 | 05 | Σ |

En *Cuenca*, capital de ſu Corregimiento en el Reyno de *Quito*.

| | Obſervadores. | Limbos del Sol. | Alturas Meridianas. | | | Latitud de *Cuenca*. S. | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1739 | | | ° | ' | '' | ° | ' | '' | |
| Sep. 24 | *M. Godin*, y yo | Inferior. | 87 | 17 | 15 | 02 | 54 | 22 | Σ |
| 25 | | Superior. | 88 | 13 | 49½ | | 53 | 15 | |

En *Tumbez*, Pueblo del Corregimiento de *Piura*.

| | Obſervadores. | Limbos del Sol. | Alturas Meridianas. | | | Latitud de *Tumbez*. S. | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1740 | | | ° | '' | '' | ° | ' | '' | |
| Nov. 9 | *D. An. Ulloa*, y yo | Superior. | 76 | 42 | 25 | 03 | 33 | 16½ | Π |

En *Amotàpe*, Pueblo del miſmo Corregimiento.

| | Obſervadores. | Limbos del Sol. | Alturas Meridianas. | | | Latitud de *Amotape*. S. | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1740 | | | ° | ' | '' | ° | ' | '' | |
| Nov 16 | *D. An. Ulloa*, y yo | Inferior. | 75 | 37 | 16 | 04 | 51 | 50 | Π |

En *Piura*, capital de ſu Corregimiento.

| | Obſervadores. | Limbos del Sol. | Alturas Meridianas. | | | Latitud de *Piura*. S. | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1740 | | | ° | ' | '' | ° | ' | '' | |
| Nov 17 | *D. An. Ulloa*, y yo | Inferior. | 75 | 42 | 05 | 05 | 11 | 14 | |
| 18 | | | | 27 | 35 | | 10 | 57 | Π |
| 19 | | | | 13 | 50 | | 11 | 06 | |
| 21 | | Superior. | | 19 | 50 | | | 17 | |

En

En *Sechùra*, Pueblo del miſmo Corregimiento.

| 1740 | Obſervadores. | Limbos del Sol. | Alturas Me idianas. ° ′ ″ | Latitud de *Sechùra*. S. ° ′ ″ | |
|---|---|---|---|---|---|
| Nov. 22 | *D. An. Ulloa*, y yo | Superior. | 75 28 32 | 05 32 43 | П |
| 23 | | Iinferior. | 74 43 32 | 39 | |

En *Lambayèque*, Pueblo del Corregimiento de *Saña*.

| 1740 | Obſervadores. | Limbos del Sol. | Alturas Meridianas. ° ′ ″ | Latitud de *Lambayeque*. S. ° ′ ″ | |
|---|---|---|---|---|---|
| Nov. 27 | *D. An. Ulloa*, y yo | Inferior. | 75 06 48½ | 06 41 42 | П |
| 29 | | | 74 56 26½ | 48 | |

En *San Pedro*, Pueblo del miſmo Corregimiento.

| 1740 | Obſervadores. | Limbos del Sol, ò Eſtrallas. | Alturas Meridianas. ° ′ ″ | Latitud de *San Pedro*. S. ° ′ ″ | |
|---|---|---|---|---|---|
| Nov. 29 | *D. An. Ulloa*, y yo | α del R. Eridano | 38 53 31 | 07 26 33 | П |
| 30 | | Limb. inf. del Sol | 75 20 44 | 25 45 | |

En *Chocòpe*, Pueblo del Corregimiento de *Truxìllo*.

| 1740 | Obſervadores. | Limbos del Sol. | Alturas Meridianas. ° ′ ″ | Latitud de *Chocòpe*. S. ° ′ ″ | |
|---|---|---|---|---|---|
| Dic. 1 | *D. An. Ulloa*, y yo | Inferior. | 75 32 32 | 07 46 47 | П |

En *Truxìllo*, capital de ſu Corregimiento.

| 1740 | Obſervadores. | Limbos del Sol. | Alturas Meridianas. ° ′ ″ | Latitud de *Truxìllo*. S. ° ′ ″ | |
|---|---|---|---|---|---|
| Dic. 2 | *D. An. Ulloa*, y yo | Inferior. | 75 43 04 | 08 06 05 | П |
| 3 | | | 34 54 | 15 | |
| 4 | | | 26 49 | 11 | |

En *Birù*, Pueblo del miſmo Corregimiento.

| | Obſervadores. | Limbos del Sol. | Alturas Meridianas. | | | Latitud de *Birù*. S | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1540 | | | ° | ' | '' | ° | ' | '' | |
| Dic. 5 | *D.An.Ulloa*, y yo | Inferior. | 75 | 38 | 18½ | 08 | 25 | 04 | π |

En *Santa*, capital de ſu Corregimiento.

| | Obſervadores. | Limbos del Sol, ò Eſtrellas. | Alturas Meridianas. | | | Latitud de *Santa*. S. | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1740 | | | ° | ' | '' | ° | ' | '' | |
| Dic. 7 | *D.An.Ulloa*, y yo | γ de la Caſsiopèa | 21 | 45 | 58½ | 08 | 56 | 01 | π |
| | | δ | 22 | 11 | 40½ | | | 19 | |
| | | α del R. Eridano | 40 | 25 | 53½ | | 58 | 51 | |

En *Guarmèy*, Pueblo del miſmo Corregimiento.

| | Obſervadores. | Limbos del Sol. | Alturas Meridianas. | | | Latitud de *Guarmèy*. S. | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1740 | | | ° | ' | '' | ° | ' | '' | |
| Dic. 11 | *D.An.Ulloa*. y yo | Inferior. | 76 | 41 | 47 | 10 | 04 | 04 | π |
| 12 | | | | 37 | 19 | | 03 | 56 | |

En *Guàura*, Villa del Corregimiento de *Chancày*.

| | Obſervadores. | Limbos del Sol. | Alturas Meridianas. | | | Latitud de *Guàra*. S. | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1740 | | | ° | ' | '' | ° | ' | '' | |
| Dic. 16 | *D.An.Ulloa*, y yo | Inferior. | 77 | 24 | 25 | 11 | 03 | 42 | π |

En *Chancày*, capital de ſu Corregimiento.

| | Obſervadores. | Limbos del Sol. | Alturas Meridianas. | | | Latitud de *Chancày*. S. | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1740 | | | ° | ' | '' | ° | ' | '' | |
| Dic. 17 | *D.An.Ulloa*, y yo | Inferior. | 77 | 52 | 35 | 11 | 52 | 53 | π |

En

En *Lima*, cap. de los Reynos del *Perù*, junto à S.Domingo.

| | Obſervadores. | Limbos del Sol. | Alturas Meridianas. | | | Latitud de *Lima*. S. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ° | ′ | ″ | ° | ′ | ′ |
| 1741 Ener. 5 | *D.An.Ulloa*, y yo | Inferior. | 79 | 12 | 30 | 12 | 02 | 24 |
| 7 | | | | 27 | 59 | | | 50 |
| 9 | | | | 44 | 30 | | | 33 |
| 10 | | | | 53 | 30 | | | 40 |
| 11 | | | 80 | 02 | 50 | | | 21 |
| 12 | | | | 13 | 00 | | | 37 |
| 16 | | | | 56 | 23 | | | 29 |
| 17 | | | 81 | 08 | 40 | | | 39 |
| 18 | | | | 21 | 15 | | | 55 |
| 19 | | | | 33 | 42 | | | 40 |
| 20 | | | | 46 | 55 | | | 22 |

El año de 1737, eſtando con *M. de la Condamine* en la miſma Ciudad de *Lima*, hicimos juntos varias obſervaciones de Latitud, con un Quarto de circulo, que tenìa, de 11 pulgadas de radio, y con otro ſemejante, que fuè del *P. Feüillée*; las quales, por la pequeñèz de los Inſtrumentos, diſcurro no ſon de la ſeguridad, que las ſobredichas: que por ſu conformidad, eſtablecen la Latitud de *Lima* con baſtante exactitud.

En nueſtro regreſſo à *Quito*, tocamos en el Puerto de *Paita*; en donde (haviendo *M. de la Condamine* paſſado à *Piura*, y dexadome el Inſtrumento) hice las obſervaciones, que ſe ſiguen.

| | Limbos del Sol. | Alturas Meridianas. | | | Latitud de *Paita*. S. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ° | ′ | ″ | ° | ′ | ″ |
| 1737 Mayo 27 | Inferior. | 63 | 15 | 58 | 05 | 04 | 52 |
| 31 | Superior. | | 10 | 46 | | | 41 |

En

En *Valparaìſo*, Puerto del Reyno de *Chile*, de regreſſo à Eſpaña, obſervé, las que ſe ſiguen en la *Quebrada de San Aguſtin.*

| | Limbos del Sol. | Alturas Meridianas. a | | | Latitud de *Valparaìſo.* S. | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | o | ' | " | o | ' | " | |
| 1744 Noviemb. 26 | Superior. | 78 | 21 | 51½ | 33 | 02 | 34 | |
| 28 | | | 43 | 07½ | | | 35½ | |
| Diciembre 2 | Inferior. | | 48 | 27½ | | | 20 | II |
| 6 | | 79 | 18 | 47½ | | | 46 | |
| 12 | | | 51 | 47½ | | | 46 | |

En *Talcaguàno*, Puerto en la Baìa de la *Concepcion de Chile.*

| | Obſervadores. | Limbos del Sol. | Alturas Meridianas. a | | | Latitud de *Talcaguàno.* S. | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1745 | | | o | " | " | o | ' | " | |
| En. 15 | *D. An. Ulloa*, y yo | Inferior. | 74 | 01 | 55 | 36 | 43 | 15 | II |

El año 1736, haviendo llegado toda la Compañía al Puerto, ò Rada de *Manta*, y quedadoſe en ella *M. M. Bouguer*, y *la Condamine*, para proſeguir el Viage por otro Camino, y hacer algunas obſervaciones aſtronómicas, le continuámos todo el reſto de la Compañía. *M. Bouguer* haviendo llegado à *Quito* por el miſmo Camino, que noſotros tomamos, y *M. de la Condamine* por el *Rio de las Eſmeraldas*, nos comunicaron las Latitudes ſiguientes, que obſervaron en ſu Viage.

En

[a] En el calculo de eſtas obſervaciones empleè la refraccion, que trae el *Conocimiento de los tiempos*, por eſtàr los Lugares, donde ſe hicieron, fuera de los Trópicos, para donde no ſirve la refraccion de *M. Bouguer*, que empleè en las otras obſervaciones.

| | Obſervadores. | Latitudes. S. ° | ′ | ″ |
|---|---|---|---|---|
| En la punta del Norte del Cabo paſſado en el pueſto de la Centinela | *M.M. Bouguer, y la Condamine* | 00 | 21 | 17 |
| | | | | 30 |
| | *M. Bouguer* | | | 01 |
| Un minuto mas al Sur de la boca del Rio Jama | *M.M. Bouguer, y la Condamine* | 00 | 09 | 18 |
| | | | | 13 |
| | | | | 46 |
| | | | 10 | 00 |
| | | | 09 | 45 |
| A 455 toeſas al Sur 22° Oeſte de la punta *Palmar* | *M.de la Condam.* | 00 | 00 | 26 |
| | | | | 11 |
| | | Latitudes. N. ° | ′ | ″ |
| En la boca del *Rio S. Franciſco* al Sur del Cabo | *M.de la Condam.* | 00 | 39 | 01 |
| En otra boca del *Rio S.Franciſco* media legua mas al Eſte, y un minuto mas al Sur del Cabo | *M.de la Condam.* | 00 | 38 | 00 |
| | | | 39 | 27 |
| En *Atacames* | | 00 | 52 | 30 |
| *Eſmeraldas* | | 00 | 57 | 07 |
| *Salinches* | | 00 | 10 | 45 |
| *Nono* | | 00 | 01 | 00 |
| *La Canoa* | *M. Boguer* | 00 | 26 | 25 |

Lim-

En el *Guarìco*, ò *Cabo Francès* en la *Isla de Santo Domingo*, de regresso à España, observé las que se siguen, cerca del Colegio de los *Jesuitas*.

| | | | Limbos del Sol. | Alturas Meridianas. | | | Latitud del *Guarico.* N. | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | ° | ′ | ″ | ° | ′ | ″ | |
| 1745 | Agosto | 11 | Inferior. | 85 | 07 | 35 | 19 | 45 | 50 | |
| | | 14 | | 84 | 12 | 55 | | | 48 | |
| | | 18 | | 82 | 56 | 15 | | | 45½ | |
| | | 20 | | | 16 | 55 | | | 44½ | II |
| | | 22 | | 81 | 36 | 30 | | | 54 | |
| | | 28 | | 79 | 31 | 14 | | | 50 | |
| | | 29 | | | 10 | 20 | | | 48 | |
| | | 30 | | 78 | 48 | 45 | | | 48 | |

## CAPITULO II.

*Que contiene las Observaciones hechas con mayores, y mas exactos Instrumentos.*

AUnque las observaciones hechas con el Quarto de circulo sean de bastante exactitud, pues no difiere ninguna de las hechas por el Sol un solo minuto; sin embargo, las mas justas, que conseguìmos, fueron las que hicimos en *Cuenca* por medio del grande Instrumento de 20 pies de radio, cuya construccion, y uso doy en el Libro, que trata de la medida del grado terrestre. Estas las hicimos 115 toesas mas al Sur de la Torre de la Iglesia mayor, al tiempo, que estabamos observando *D. Antonio de Ulloa*, y Yo, en compañìa de *M. Godin* las Estrellas ε de Orièn, θ de Antinous, y α de Aquario, para la determi-

nacion de la amplitud del arco celeste, que comprehendìa la Meridiana.

El dia 25 de Noviembre de 1740 entrò en el anteojo del dicho Instrumento el limbo Meridionàl del Sol, y le observamos distar (en partes del Micrometro) del centro del anteojo 1068

El medio entre todas las observaciones de ε de Oriòn, que passaba por el mismo lado, dàn la distancia de esta Estrella del centro del anteojo 1374

luego distancia de ε al limbo Meridionàl del Sol en partes del Micrometro 306 = 00 01 24 00$\frac{2}{3}$

Segun todas las observaciones de ε distaba esta Estrella del Zenith 01 30 38 00$\frac{2}{3}$

luego distancia del limbo Meridionàl del Sol al Zenith 01 29 14

Refraccion aditiva 00$\frac{3}{4}$

Semidiametro del Sol ad. 16 00$\frac{1}{2}$

Distancia del centro del Sol al Zenith 01 45 15$\frac{1}{4}$

Declinacion del Sol 01 08 54$\frac{3}{4}$

Latitud de *Cuenta* Sur 2 54 10

El dia 27 del mismo mes entrò el limbo Septentrionàl por el otro lado del anteojo, en el qual observabamos α de Aquario; y le hallamos distàr del centro, ò de la cruz de los hilos, en partes del Micrometro 2209

El medio entre todas las ob-

ser-

ſervaciones de $\alpha$, hechas por el miſmo lado dàn la diſtancia de eſta Eſtrella al propio centro 962

luego diſtancia de $\alpha$ al limbo Septentrionàl del Sol 1247 = 00° 05′ 42″ 22‴

Segun todas las obſervaciones de $\alpha$, diſtaba eſta Eſtrella del Zenith 01 19 58 $43\frac{1}{2}$

luego diſtancia del limbo Septentrionàl del Sol al Zenith 01 14 16 $21\frac{1}{2}$

Refraccion aditiva $38\frac{1}{2}$

01 14 17

Semidiam. del Sol ſubſt. 16 $01\frac{1}{4}$

Diſtancia del centro del Sol al Zenith 00 58 $15\frac{3}{4}$

Declinacion del Sol 01 55 $51\frac{1}{2}$

Latitud de *Cuenca* Sur 02 54 $07\frac{1}{4}$

que no ſe diferencia de la otra mas que en $02\frac{3}{4}$

El medio entre las obſervaciones de $\varepsilon$ de Oriòn, $\theta$ de Antinous, y $\alpha$ de Aquario, dàn la diferencia en Latitud entre los Obſervatorios de *Cuenca*, y *Pueblo viejo*, como ſe verà en el Libro ſobre la medida del grado terreſtre 03° 26′ 53″

luego Latitud de *Pueblo viejo* Norte 00 32 45

En el Libro antecedente ſe determinò la diſtancia Meridiana del Trópico de Capricornio al Zenith de *Quito* de 23° 15′ $09\frac{1}{4}$″

y la maxima Obliquidad de la Eclip. de 23 28 $20\frac{5}{8}$

luego Latitud de *Quito* Sur, junto à la *Parroquia de Santa Barbara* 00 13 $11\frac{3}{8}$

CA-

## CAPITULO III.

### *Descripcion del Quarto de circulo.*

COmo la justificacion de las observaciones depende de la bondad, y exacto manejo de los Instrumentos, con que se hacen, de cuya practica se carece mucho; me parece necessario añadir aquì una breve descripcion del Quarto de circulo, por ser el Instrumento mas preciso para la practica de la Astronomía. La figura 1 [a] le representa yà totalmente armado sobre su piè, y en estado de observar angulos verticales, ò alturas de Astros: la armazon ABCDE, que es la quarta parte de un circulo, y se compone de planchas de hierro, se fortifica por detràs con otras FG iguales, puestas de canto, para que no permitan, que se doblen las primeras, y quede con ello el Instrumento siempre en un mismo estado. El Cilindro concavo HI encierra otro, que està hecho firme perpendicularmente à la armazon, sobre el qual rueda toda èsta; cuyo movimiento sirve, para ponerla, ò dirigirla à la altura, que se necessitare: pero siempre, que no huviere necessidad de este movimiento, se evita, con apretar el tornillo J, que traspassa el Cilindro concavo HI. Unido à èste hay tambien otro, afirmado perpendicularmente en K, que entra dentro de lo concavo del arbol KL, en donde rueda libremente, y dà con ello movimiento horizontal al Instrumento; que tambien se evita, quando es necessario, con el tornillo P. Todo el arbol se afirma sobre los quatro pies M; à quienes se añaden las varillas N, para mayor firmeza: y aquellos se mantienen por los quatro tornillos O, que sirven para afirmar los pies en qualquier

[a] Lamina 2

quier terreno, yà ſea horizontàl, ò inclinado, y hacer, que ſe mantenga la armazon ABCDE verticalmente: à cuya operacion llaman los Frances *Caller*.

En el centro del Inſtrumento Q hay una aguja delicada, que ſe mantiene perpendicularmente, por una pieza curva de laton; y pende de aquella la bala de plomo R, mantenída por el cabello QR, que ſeñala en la diviſion del limbo del Inſtrumento BCD la altura obſervada. Eſte perpendiculo QR ſe cubre con una caxa de igual longitud, que rueda, y ſe mantiene ſobre el centro, para que el Viento no conmueva el cabello; la qual ſe hà omitido en la figura para que no impidieſſe la viſta del perpendiculo.

En lugar de Pinulas viſuales, que dirijan el Inſtrumento al objeto, que ſe quiere obſervar, ſe aplica el anteojo ST de dos lentes, que es de mucha mas exactitud; pues no ſolo ſe perciben con èl mejor los objetos, ſino que tambien ſe dirige mas juſtamente por medio de dos ſutiles hilos de ſeda, que ſe hallan cruzados en el foco del objetivo; cuya interſeccion ſe pone exactamente ſobre el objeto. Eſtos hilos ſe hacen firmes en cañon ſeparado del principal del anteojo, para que con eſſo ſe puedan acercar mas, ò menos del objetivo, y ponerlos exactamente en ſu foco: lo qual es neceſſario, para evitar una eſpecie de paralaxe, que ſe ſeguiría ſin eſta diligencia.

Sobre la plancha BCD de hierro ſe clava otra de laton muy limpia, y plana, en la qual ſe hacen las diviſiones de los grados, y minutos, con las ordinarias tranſverſales. Sobre la conſtruccion de èſtas ſerà bueno notar un yerro, que ſiempre han cometido nueſtros Eſcritores de Navegacion: y es, que enſeñan, que los once circulos concentricos, han

han de distar igualmente unos de otros; en lugar de ponerlos à desiguales distancias, y en la proporcion que se requiere, para que los corte la transversal, dexando de uno, y otro lado los minutos, que se necessitan. Pondrémos el calculo para la inteligencia de los que no fueren muy versados.

a Fig. 1 Sea AD[a] una de las transversales del Instrumento; AC, BD las continuaciones de los radios, comprehendidas entre el circulo interno AB, y el externo CD; EF uno de los circulos concentricos, que se quiere describir, y saber lo que debe distar de qualquiera de los dos AB, CD: y sean además de esto

$$AC = BD = a$$
$$CD = b$$
$$AB = c$$
$$AF = x$$
$$\frac{EG}{GF} = \frac{m}{n}$$
$$EG = z$$
$$GF = \frac{n}{m} z$$

y tendrémos en los triangulos semejantes ACD, AEG,[b] $a : b = x : z$; y en los DBA, DFG, $a : c = a - x : \frac{n}{m} z$; de donde se siguen estas dos igualaciones $bx = az$, y $ca - cx = \frac{n}{m} az$: luego $nbx = mca - mcx$; que dà esta proporcion $a - x : x = nb : mc$; esto es, la distancia CE ha de ser à la EA,

b. La similitud de estos triangulos, igualmente que la de los otros dos, no es en rigor geometrico; pero por la cortedad de los arcos AB, CD, que se pueden tomar por lineas rectas, y paralelas à EF, el yerro, que puede producirse, no es sensible.

EA, como CD multiplicado por GF, à AB multiplicado por EG. Hagamos esto visible por un exemplo. Sopongamos, que se quiera describir el circulo concentrico de enmedio de todos once, ò lo que es lo mismo, el circulo concentrico que dexe EG igual à GF: en este caso tendrémos $m = n$, y la proporcion se reducirà à $a - x : x = b : c$; esto es, CE à EA, como CD à AB: pero CD es mayor que AB; luego tambien CE debe ser mayor que EA; contra lo que enseñan nuestros Escritores de Navegacion, que dàn estas dos distancias iguales.[a] Adviertase, que quanto mayor fuere el limbo del Instrumento respecto de su radio, mayor serà el yerro, que se cometerà, porque serà entonces mayor la razon de CD à AB.

Estando el centro Q[b] exactamente en un mismo plano con el limbo BCD, ofrece el methodo de poner el Instrumento verticàl, para observar alturas, por medio de los tornillos O; con los quales se puede hacer, que aquèl se incline àcia adelante, ò atràs lo que se necessitare: que serà para que quede verticàl, quanto el hilo aplomo QR rase el limbo BCD. Esta operacion se debe hacer en la practica, quando se està apuntado el anteojo al objeto, que se quiere observar, de tal suerte, que à un mismo tiempo haya de estàr la intersseccion de los hilos de seda, que estàn dentro del anteojo, sobre el objeto, y el perpendiculo haya de rasar el limbo; con lo qual darà èste la verdadera altura sobre las divisiones: en quienes se vèn muy distintamente por medio de un Microscopio de un vidrio hasta cinco segundos. b Fig. 1

Sin embargo, se ofrece de ordinario una corta correccion, que hacer, procedida de no poder poner exactamen-

G te

a. El unico de nuestros Escritores, que ha hecho algun acierto sobre este assumpto, de los que tengo presentes, es *Andres Garcia de Cespedes*, en su *Regimiento de Navegacion*, que escriviò de Orden del Rey en 1606; pues en el Cap. 30 describe cinco Circulos concentricos: de suerte, que vienen à quedar en la forma, que se enseñò arriba; bien es verdad, que su construccion es algo dificil en la practica, y que despues cae en el mismo yerro, que los demàs.

te la viſual del anteojo ST paralela à la linea, que ſaliendo del centro, paſſa por el grado 90 de altura, que ſe llama error del anteojo; error ſemejanre al que ſe explicò en el Libro antecedente pag. 5. Eſte ſe inquiere de eſta ſuerte: ſe obſerva la altura, ò depreſsion de qualquier objeto terreſtre; el mas diſtante del Obſervador, y cercano à el Horizonte, que ſe pudiere hallar: y deſpues traſtornando el Quarto de circulo QBCD ſobre el exe HI, ſe dirige ſegunda vez el anteojo al miſmo objeto, y ſe pone pendiente el perpendiculo QR del limbo del Inſtrumento, de ſuerte, que paſſe por el centro: la mitad de la diferencia de la altura, ò depreſsion, que de eſta ultima operacion ſe hallare, à la primera, ſerà el error del anteojo: pero ſi en lugar de altura, ò depreſsion en eſte ultimo caſo, ſe hallaren contrapueſtas la depreſsion, y altura, la mitad de la ſuma de las dos obſervaciones ſerà el error.

[a] Fig.3 Si ſe quiſiere vèr la razon de todo eſto; ſea A [a] el centro del Inſtrumento; O el principio de la diviſion; E el grado 90 en la miſma; DA el anteojo dirigido al objeto, à quien es perpendicular AC; y AB el perpendiculo: el angulo OAB ſerà el que el Inſtrumento diò de altura; en lugar, que el verdadero es CAB: luego ſe anotò la altura del objeto en la primera operacion mayor del angulo OAC, ò DAE; y menor de la miſma cantidad en la ſegunda: y aſsi la mitad de la diferencia de las dos ſerà el Angulo DAE, que es el error deſeado: el qual para que fueſſe nulo, ò igual à cero, havìa de eſtàr el anteojo colocado ſobre la linea EA, ò paralela à ella.

Otras varias atenciones, y reparos muy preciſos pudiera añadir, tocantes à eſte Inſtrumento; pero diſcurro, que lo dicho es ſuficiente, para que ſe forme idèa de èl, que es lo que permite eſte Libro; pues para deſcribirle

mas

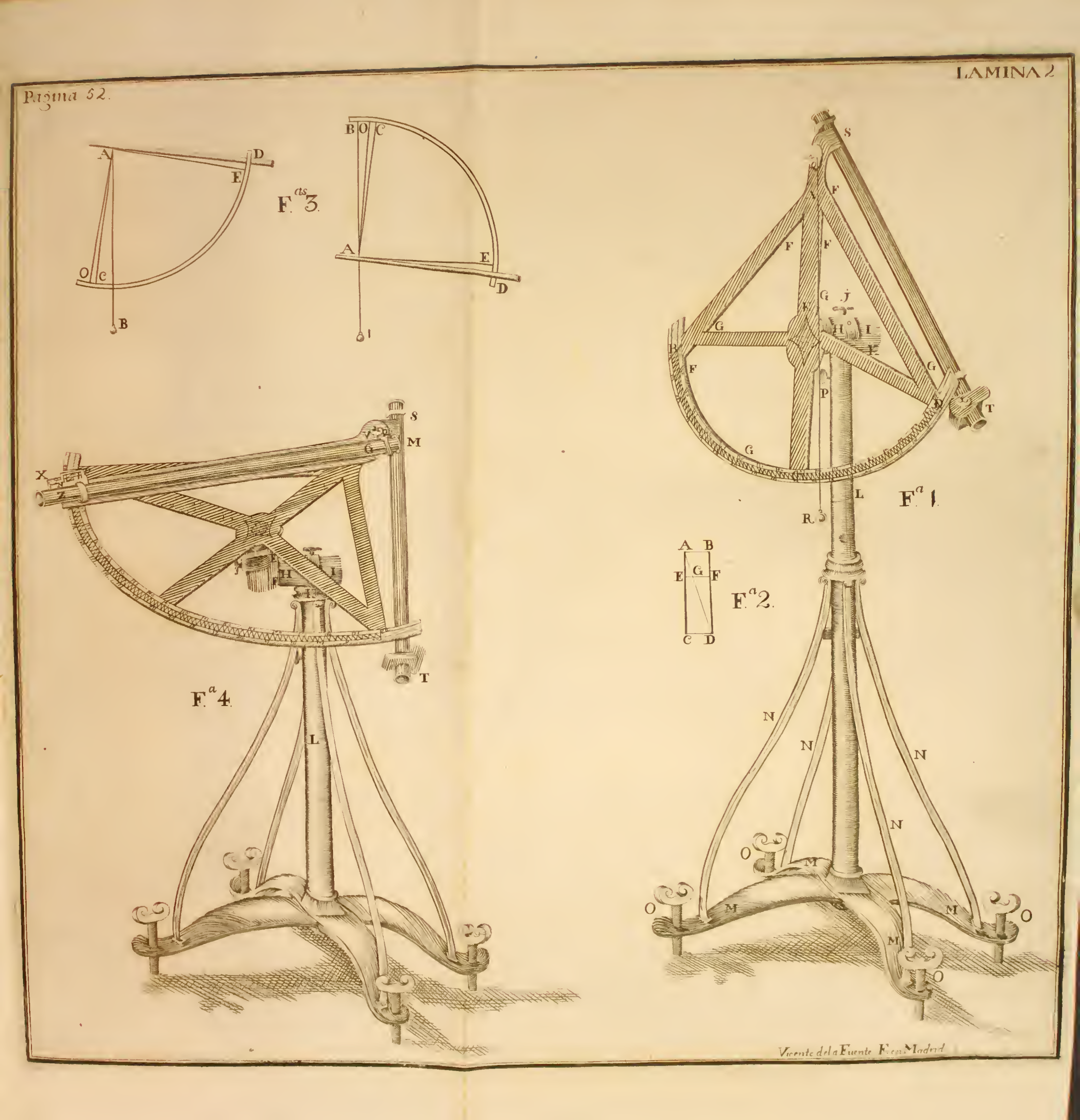
mas ampliamente, ſe neceſsitaría un tratado ſeparado. Solo sì ſe puede añadir alguna explicacion de las piezas, que ſe le quitan, y otras, que ſe le añaden, para que ſirva de la mas exacta Plancheta, como ſe vè en la figura 4.

En èſta, además del Cilindro concavo HI, ſe vè, que ſe le ha añadido el EF, que no ſolo tiene dentro del primero una rama, que ſe halla ſegun HI, pero en ſu concavidad EF encierra el exe del Inſtrumento, que queda por eſte medio horizontal, y con tres movimientos; uno verticàl, que dà el exe, que eſtà dentro de HI, y dos horizontales, que dàn, los que eſtàn dentro de KL, y EF.

El hilo aplomo, de que ſe hablò en el uſo antecedente, y ſu centro, ſe quitan en èſte; y en ſu lugar, ſe pone otro centro, ſobre el qual rueda la *Halidada* VX, montada de otro anteojo GZ, ſemejante al ST. Eſta corre por encima del limbo del Inſtrumento, llevando conſigo un hilo delicado de plata NO, muy tendido, que ſeñala ſobre la diviſion el angulo obſervado.

El uſo diſcurro, que ſe verà facilmente en la figura, pues ſe reduce à dirigir los dos anteojos, eſto es, la interſeccion de los hilos de ſeda, que ſe hallan dentro de ellos, à los objetos, que comprehenden el angulo; teniendo cuydado de poner el punto, donde ſe cruzan los anteojos M, ſobre aquel, de donde ſe quiere obſervar el angulo.

Es neceſſario advertir por ultimo, que el hilo de plata NO ſe ha de poner, antes que ſe empiecen las obſervaciones ſobre el radio del Inſtrumento, eſto es, ſe ha de ſituar de tal ſuerte, que prolongado paſſe por el centro Q: para cuya operacion, eſtà montado ſobre una pieza ſeparada de la *Halidada*, que por medio de tornillos, ſe hace mover à la derecha, ò à la izquierda.

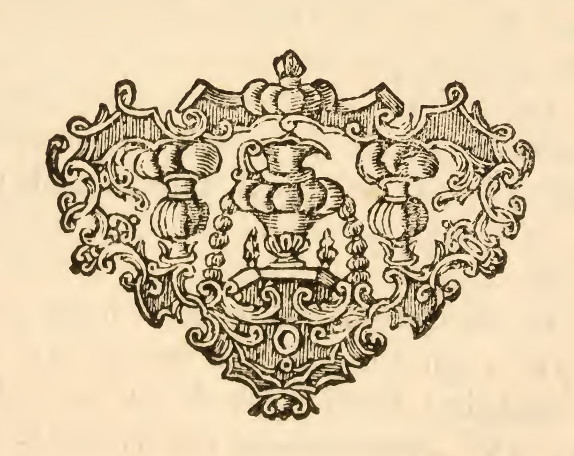

Pagina 52.
LAMINA 2
F.as 3.
F.a 1.
F.a 2.
F.a 4.
Vicente de la Fuente F. en Madrid

calculo, para hallar la Latitud de *Cartagena* el dia 25 de Julio de 1735, de 90° 42′ 36½″.

El lugar del Sol en la Ecliptica para este tiempo, esto es, à medio dia en *Cartagena*, ò para las 5 horas 10 minutos de la tarde en *Parìs* (por ser esta la diferencia de Meridianos entre estas dos Ciudades) es segun las Tablas de *M. de la Hire* 2° 08′ 26″ de Leo: buscando pues en la quinta coluna 2° de Leo, hallo, que le corresponden en la segunda 19° 44′ 13″ 52‴ de Declinacion. Ademàs de esto, la Declinacion para cada minuto de mas Longitud del Sol, muestra la coluna tercera ser de 13″ 29‴ 40⁗; luego para 8 minutos serà de 1′ 47″ 55‴ 20⁗, y para 8′ 26″ de 1′ 53″ 46‴ 11⁗; los quales substraìdos de los 19° 44′ 13″ 52‴ de Declinacion correspondiente à los 2° solos de Leo, por disminuir la Declinacion del Sol, quedaràn 19° 42′ 20″ 06‴ de verdadera Declinacion, en la suposicion de ser la maxima Obliquidad de la Ecliptica de 23° 28′ 00″: pero suponiendola yo de 23° 28′ 20″, la coluna quarta me muestra, que en 2° de Leo, se debe aumentar la Declinacion del Sol 8″ 16‴, por cada 10″ de mayor Obliquidad; luego por 20″ seràn 16″ 32‴; que sumados con los 19° 42′ 20″ 06‴, daràn la verdadera Declinacion de 19° 42′ 36″ 38‴, ò de 19° 42′ 36½″, que conviene con la que se diò en el calculo.

La coluna tercera se ha construìdo baxo la suposicion, que son iguales las mutaciones en Declinacion, que el Sol tiene, corriendo cada minuto de la Ecliptica, de los 15′, que comprende la coluna segunda. Esta suposicion solo es verdadera en rigor geometrico, quando el Sol està en los puntos Equinocciales; pero saliendo de ellos

ellos, và mudando dicha ley, hasta que hallandose cerca de los Solsticios, sigue la que diximos en el Libro antecedente pagina 13. De esto se sigue, que las cantidades de la coluna tercera solo seràn exactas al principio de toda la Tabla, fuera del qual iràn cayendo en defecto, hasta que al fin de ella, lleguen à tener el mayor de todos: pero es èste tal, que no llega à 2 terceros; cantidad despreciable, y que no merece, que se ponga este aviso, mas que para evitar el recelo, que pudiera sobrevenirle, al que fuesse escrupuloso en los calculos.



NUE-

# NUEVA TABLA
# DE LAS DECLINACIONES
# DEL SOL,

para cada 15 minutos de la Ecliptica,
en grados, minutos, ſegundos,
y terceros

ſupueſta la maxima Obliquidad, ò Declinacion

de

23° 28′ 00″

con una diferencia, ò equacion
para 10 ſegundos
de mas, ò menos Obliquidad.

| ° | ' | ♈. 0. | | ♎. 6. | | Equacion para los minutos. | | | Equac. para 10'' de difer. | | ° | ' |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ° | ' | '' | ''' | '' | ''' | '''' | '' | ''' | | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 23 | 53 | 32 | 00 | 00 | 30 | 00 |
| 0 | 15 | 0 | 5 | 58 | 23 | 23 | 53 | 32 | | | 29 | 45 |
| 0 | 30 | 0 | 11 | 56 | 46 | 23 | 53 | 28 | | | 29 | 30 |
| 0 | 45 | 0 | 17 | 55 | 08 | 23 | 53 | 28 | | | 29 | 15 |
| 1 | 00 | 0 | 23 | 53 | 30 | | | | | | 29 | 00 |
| | | | | | | 23 | 53 | 24 | 00 | 10 | | |
| 1 | 15 | 0 | 29 | 51 | 51 | 23 | 53 | 16 | | | 28 | 45 |
| 1 | 30 | 0 | 35 | 50 | 10 | 23 | 53 | 08 | | | 28 | 30 |
| 1 | 45 | 0 | 41 | 48 | 26 | 23 | 53 | 00 | | | 28 | 15 |
| 2 | 00 | 0 | 47 | 46 | 41 | | | | | | 28 | 00 |
| | | | | | | 23 | 52 | 44 | 00 | 19 | | |
| 2 | 15 | 0 | 53 | 44 | 52 | 23 | 52 | 32 | | | 27 | 45 |
| 2 | 30 | 0 | 59 | 43 | 00 | 23 | 52 | 16 | | | 27 | 30 |
| 2 | 45 | 1 | 05 | 41 | 04 | 23 | 52 | 04 | | | 27 | 15 |
| 3 | 00 | 1 | 11 | 39 | 05 | | | | | | 27 | 00 |
| | | | | | | 23 | 51 | 48 | 00 | 29 | | |
| 3 | 15 | 1 | 17 | 37 | 02 | 23 | 51 | 28 | | | 26 | 45 |
| 3 | 30 | 1 | 23 | 34 | 54 | 23 | 51 | 12 | | | 26 | 30 |
| 3 | 45 | 1 | 29 | 32 | 42 | 23 | 50 | 52 | | | 26 | 15 |
| 4 | 00 | 1 | 35 | 30 | 25 | | | | | | 26 | 00 |
| | | | | | | 23 | 50 | 28 | 00 | 38 | | |
| 4 | 15 | 1 | 41 | 28 | 02 | 23 | 50 | 00 | | | 25 | 45 |
| 4 | 30 | 1 | 47 | 25 | 32 | 23 | 49 | 36 | | | 25 | 30 |
| 4 | 45 | 1 | 53 | 22 | 56 | 23 | 49 | 08 | | | 25 | 15 |
| 5 | 00 | 1 | 59 | 20 | 13 | | | | | | 25 | 00 |
| | | | | | | 23 | 48 | 52 | 00 | 48 | | |
| 5 | 15 | 2 | 05 | 17 | 26 | 23 | 48 | 24 | | | 24 | 45 |
| 5 | 30 | 2 | 11 | 14 | 32 | 23 | 47 | 52 | | | 24 | 30 |
| 5 | 45 | 2 | 17 | 11 | 30 | 23 | 47 | 16 | | | 24 | 15 |
| 6 | 00 | 2 | 23 | 08 | 19 | | | | | | 24 | 00 |
| | | | | | | 23 | 46 | 36 | 00 | 58 | | |
| 6 | 15 | 2 | 29 | 04 | 58 | 23 | 45 | 48 | | | 23 | 45 |
| 6 | 30 | 2 | 35 | 01 | 25 | 23 | 45 | 36 | | | 23 | 30 |
| 6 | 45 | 2 | 40 | 57 | 49 | 23 | 45 | 00 | | | 23 | 15 |
| 7 | 00 | 2 | 46 | 54 | 04 | | | | | | 23 | 00 |
| | | | | | | 23 | 44 | 04 | 01 | 07 | | |
| 7 | 15 | 2 | 52 | 50 | 05 | 23 | 43 | 36 | | | 22 | 45 |
| 7 | 30 | 2 | 58 | 45 | 59 | 23 | 43 | 00 | | | 22 | 30 |
| 7 | 45 | 3 | 04 | 41 | 44 | 23 | 42 | 04 | | | 22 | 15 |
| 8 | 00 | 3 | 10 | 37 | 15 | | | | | | 22 | 00 |
| | | | | | | 23 | 41 | 32 | 01 | 17 | | |
| 8 | 15 | 3 | 16 | 32 | 38 | 23 | 40 | 36 | | | 21 | 45 |
| 8 | 30 | 3 | 22 | 27 | 47 | 23 | 39 | 56 | | | 21 | 30 |
| 8 | 45 | 3 | 28 | 22 | 46 | 23 | 39 | 08 | | | 21 | 15 |
| 9 | 00 | 3 | 34 | 17 | 33 | | | | | | 21 | 00 |
| | | | | | | 23 | 38 | 16 | 01 | 27 | | |
| 9 | 15 | 3 | 40 | 12 | 07 | 23 | 37 | 24 | | | 20 | 45 |
| 9 | 30 | 3 | 46 | 06 | 28 | 23 | 36 | 32 | | | 20 | 30 |
| 9 | 45 | 3 | 52 | 00 | 36 | 23 | 35 | 36 | | | 20 | 15 |
| 10 | 00 | 3 | 57 | 54 | 30 | | | | | | 20 | 00 |
| | | | | | | | | | 01 | 36 | | |
| | | 5. ♍. | | 11. ♓. | | | | | | | | |

| ° | ' | ♈. 0. | | | | ♎. 6. | Equacion para los minutos. | | | Equac. para 10″ de difer. | | ° | ' |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ° | ' | ″ | ‴ | | ″ | ‴ | ⁗ | ″ | ‴ | | |
| 10 | 00 | 03 | 57 | 54 | 30 | | 23 | 34 | 40 | 01 | 36 | 20 | 00 |
| 10 | 15 | 04 | 03 | 48 | 10 | | 23 | 33 | 44 | | | 19 | 45 |
| 10 | 30 | 04 | 09 | 41 | 36 | | 23 | 32 | 48 | | | 19 | 30 |
| 10 | 45 | 04 | 15 | 34 | 48 | | 23 | 31 | 48 | | | 19 | 15 |
| 11 | 00 | 04 | 21 | 27 | 45 | | 23 | 30 | 52 | 01 | 46 | 19 | 00 |
| 11 | 15 | 04 | 27 | 20 | 28 | | 23 | 29 | 48 | | | 18 | 45 |
| 11 | 30 | 04 | 33 | 12 | 55 | | 23 | 28 | 40 | | | 18 | 30 |
| 11 | 45 | 04 | 39 | 05 | 05 | | 23 | 27 | 40 | | | 18 | 15 |
| 12 | 00 | 04 | 44 | 57 | 00 | | 23 | 26 | 28 | 01 | 55 | 18 | 00 |
| 12 | 15 | 04 | 50 | 48 | 37 | | 23 | 25 | 24 | | | 17 | 45 |
| 12 | 30 | 04 | 56 | 39 | 58 | | 23 | 24 | 12 | | | 17 | 30 |
| 12 | 45 | 05 | 02 | 31 | 01 | | 23 | 23 | 04 | | | 17 | 15 |
| 13 | 00 | 05 | 08 | 21 | 47 | | 23 | 21 | 56 | 02 | 04 | 17 | 00 |
| 13 | 15 | 05 | 14 | 12 | 16 | | 23 | 20 | 36 | | | 16 | 45 |
| 13 | 30 | 05 | 20 | 02 | 25 | | 23 | 19 | 24 | | | 16 | 30 |
| 13 | 45 | 05 | 25 | 52 | 16 | | 23 | 18 | 08 | | | 16 | 15 |
| 14 | 00 | 05 | 31 | 41 | 48 | | 23 | 16 | 52 | 02 | 14 | 16 | 00 |
| 14 | 15 | 05 | 37 | 31 | 01 | | 23 | 15 | 32 | | | 15 | 45 |
| 14 | 30 | 05 | 43 | 19 | 54 | | 23 | 14 | 12 | | | 15 | 30 |
| 14 | 45 | 05 | 49 | 08 | 27 | | 23 | 12 | 48 | | | 15 | 15 |
| 15 | 00 | 05 | 54 | 56 | 39 | | 23 | 11 | 28 | 02 | 23 | 15 | 00 |
| 15 | 15 | 06 | 00 | 44 | 31 | | 23 | 10 | 04 | | | 14 | 45 |
| 15 | 30 | 06 | 06 | 32 | 02 | | 23 | 08 | 40 | | | 14 | 30 |
| 15 | 45 | 06 | 12 | 19 | 12 | | 23 | 07 | 08 | | | 14 | 15 |
| 16 | 00 | 06 | 18 | 05 | 59 | | 23 | 05 | 40 | 02 | 33 | 14 | 00 |
| 16 | 15 | 06 | 23 | 52 | 24 | | 23 | 04 | 08 | | | 13 | 45 |
| 16 | 30 | 06 | 29 | 38 | 26 | | 23 | 02 | 40 | | | 13 | 30 |
| 16 | 45 | 06 | 35 | 24 | 06 | | 23 | 01 | 04 | | | 13 | 15 |
| 17 | 00 | 06 | 41 | 09 | 22 | | 22 | 59 | 32 | 02 | 42 | 13 | 00 |
| 17 | 15 | 06 | 46 | 54 | 15 | | 22 | 57 | 56 | | | 12 | 45 |
| 17 | 30 | 06 | 52 | 38 | 44 | | 22 | 56 | 20 | | | 12 | 30 |
| 17 | 45 | 06 | 58 | 22 | 49 | | 22 | 54 | 40 | | | 12 | 15 |
| 18 | 00 | 07 | 04 | 06 | 29 | | 22 | 53 | 04 | 02 | 52 | 12 | 00 |
| 18 | 15 | 07 | 09 | 49 | 45 | | 22 | 51 | 20 | | | 11 | 45 |
| 18 | 30 | 07 | 15 | 32 | 35 | | 22 | 49 | 36 | | | 11 | 30 |
| 18 | 45 | 07 | 21 | 14 | 59 | | 22 | 47 | 52 | | | 11 | 15 |
| 19 | 00 | 07 | 26 | 56 | 57 | | 22 | 46 | 08 | 03 | 01 | 11 | 00 |
| 19 | 15 | 07 | 32 | 38 | 29 | | 22 | 44 | 20 | | | 10 | 45 |
| 19 | 30 | 07 | 38 | 19 | 34 | | 22 | 42 | 32 | | | 10 | 30 |
| 19 | 45 | 07 | 44 | 00 | 12 | | 22 | 40 | 44 | | | 10 | 15 |
| 20 | 00 | 07 | 49 | 40 | 23 | | | | | 03 | 11 | 10 | 00 |
| | | 5. ♍. | | | | 11. ♓. | | | | | | | |

| ° | ' | ♈. 0. ♎. 6. ° | ' | " | ''' | Equacion para los minutos. " | ''' | '''' | Equac. para 10" de difer. " | ''' | ° | ' |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 20 | 00 | 07 | 49 | 40 | 23 | 22 | 38 | 52 | 03 | 11 | 10 | 00 |
| 20 | 15 | 07 | 55 | 20 | 06 | 22 | 37 | 00 | | | 9 | 45 |
| 20 | 30 | 08 | 00 | 59 | 21 | 22 | 35 | 04 | | | 9 | 30 |
| 20 | 45 | 08 | 06 | 38 | 70 | 22 | 33 | 12 | | | 9 | 15 |
| 21 | 00 | 08 | 12 | 16 | 25 | | | | | | 9 | 00 |
| | | | | | | 22 | 31 | 12 | 03 | 20 | | |
| 21 | 15 | 08 | 17 | 54 | 13 | 22 | 29 | 16 | | | 8 | 45 |
| 21 | 30 | 08 | 23 | 31 | 32 | 22 | 27 | 16 | | | 8 | 30 |
| 21 | 45 | 08 | 29 | 08 | 21 | 22 | 25 | 12 | | | 8 | 15 |
| 22 | 00 | 08 | 34 | 44 | 39 | | | | | | 8 | 00 |
| | | | | | | 22 | 23 | 12 | 03 | 29 | | |
| 22 | 15 | 08 | 40 | 20 | 27 | 22 | 21 | 12 | | | 7 | 45 |
| 22 | 30 | 08 | 45 | 55 | 45 | 22 | 19 | 08 | | | 7 | 30 |
| 22 | 45 | 08 | 51 | 30 | 32 | 22 | 17 | 00 | | | 7 | 15 |
| 23 | 00 | 08 | 57 | 04 | 47 | | | | | | 7 | 00 |
| | | | | | | 22 | 14 | 36 | 03 | 38 | | |
| 23 | 15 | 09 | 02 | 38 | 26 | 22 | 12 | 44 | | | 6 | 45 |
| 23 | 30 | 09 | 08 | 11 | 37 | 22 | 10 | 24 | | | 6 | 30 |
| 23 | 45 | 09 | 13 | 44 | 13 | 22 | 08 | 20 | | | 6 | 15 |
| 24 | 00 | 09 | 19 | 16 | 18 | | | | | | 6 | 00 |
| | | | | | | 22 | 06 | 00 | 03 | 47 | | |
| 24 | 15 | 09 | 24 | 47 | 48 | 22 | 03 | 48 | | | 5 | 45 |
| 24 | 30 | 09 | 30 | 18 | 45 | 22 | 01 | 40 | | | 5 | 30 |
| 24 | 45 | 09 | 35 | 49 | 10 | 21 | 59 | 20 | | | 5 | 15 |
| 25 | 00 | 09 | 41 | 19 | 00 | | | | | | 5 | 00 |
| | | | | | | 21 | 56 | 52 | 03 | 56 | | |
| 25 | 15 | 09 | 46 | 48 | 13 | 21 | 54 | 24 | | | 4 | 45 |
| 25 | 30 | 09 | 52 | 16 | 50 | 21 | 52 | 00 | | | 4 | 30 |
| 25 | 45 | 09 | 57 | 44 | 51 | 21 | 49 | 40 | | | 4 | 15 |
| 26 | 00 | 10 | 03 | 12 | 17 | | | | | | 4 | 00 |
| | | | | | | 21 | 47 | 20 | 04 | 05 | | |
| 26 | 15 | 10 | 08 | 39 | 08 | 21 | 44 | 52 | | | 3 | 45 |
| 26 | 30 | 10 | 14 | 05 | 22 | 21 | 42 | 24 | | | 3 | 30 |
| 26 | 45 | 10 | 19 | 30 | 59 | 21 | 39 | 52 | | | 3 | 15 |
| 27 | 00 | 10 | 24 | 55 | 58 | | | | | | 3 | 00 |
| | | | | | | 21 | 37 | 24 | 04 | 14 | | |
| 27 | 15 | 10 | 30 | 20 | 20 | 21 | 34 | 52 | | | 2 | 45 |
| 27 | 30 | 10 | 35 | 44 | 04 | 21 | 32 | 20 | | | 2 | 30 |
| 27 | 45 | 10 | 41 | 07 | 10 | 21 | 29 | 44 | | | 2 | 15 |
| 28 | 00 | 10 | 46 | 29 | 37 | | | | | | 2 | 00 |
| | | | | | | 21 | 27 | 08 | 04 | 23 | | |
| 28 | 15 | 10 | 51 | 51 | 25 | 21 | 24 | 28 | | | 1 | 45 |
| 28 | 30 | 10 | 57 | 12 | 33 | 21 | 21 | 48 | | | 1 | 30 |
| 28 | 45 | 11 | 02 | 33 | 01 | 21 | 19 | 08 | | | 1 | 15 |
| 29 | 00 | 11 | 07 | 52 | 49 | | | | | | 1 | 00 |
| | | | | | | 21 | 16 | 28 | 04 | 32 | | |
| 29 | 15 | 11 | 13 | 11 | 57 | 21 | 13 | 44 | | | 0 | 45 |
| 29 | 30 | 11 | 18 | 30 | 24 | 21 | 11 | 00 | | | 0 | 30 |
| 29 | 45 | 11 | 23 | 48 | 10 | 21 | 08 | 12 | | | 0 | 15 |
| 30 | 00 | 11 | 29 | 05 | 14 | | | | | | 0 | 00 |
| | | | | | | | | | 04 | 41 | | |
| | | 5. ♍. | | 11. ♓. | | | | | | | | |

| ° | ' | ♉. 1. | | | | Equacion para los minutos. | | | Equac. para 10'' de difer. | | ° | ' |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ° | ' | '' | ''' | '' | ''' | '''' | '' | ''' | | |
| | | | | ♏. 7. | | | | | | | | |
| 0 | 00 | 11 | 29 | 05 | 14 | 21 | 05 | 28 | 04 | 41 | 30 | 00 |
| 0 | 15 | 11 | 34 | 21 | 36 | 21 | 02 | 40 | | | 29 | 45 |
| 0 | 30 | 11 | 39 | 37 | 16 | 20 | 59 | 48 | | | 29 | 30 |
| 0 | 45 | 11 | 44 | 52 | 13 | 20 | 56 | 56 | | | 29 | 15 |
| 1 | 00 | 11 | 50 | 06 | 27 | | | | | | 29 | 00 |
| | | | | | | 20 | 54 | 04 | 04 | 50 | | |
| 1 | 15 | 11 | 55 | 19 | 58 | 20 | 51 | 08 | | | 28 | 45 |
| 1 | 30 | 12 | 00 | 32 | 45 | 20 | 48 | 12 | | | 28 | 30 |
| 1 | 45 | 12 | 05 | 44 | 48 | 20 | 45 | 16 | | | 28 | 15 |
| 2 | 00 | 12 | 10 | 56 | 07 | | | | | | 28 | 00 |
| | | | | | | 20 | 42 | 12 | 04 | 59 | | |
| 2 | 15 | 12 | 16 | 06 | 40 | 20 | 39 | 16 | | | 27 | 45 |
| 2 | 30 | 12 | 21 | 16 | 29 | 20 | 36 | 12 | | | 27 | 30 |
| 2 | 45 | 12 | 26 | 25 | 32 | 20 | 33 | 08 | | | 27 | 15 |
| 3 | 00 | 12 | 31 | 33 | 49 | | | | | | 27 | 00 |
| | | | | | | 20 | 30 | 04 | 05 | 08 | | |
| 3 | 15 | 12 | 36 | 41 | 20 | 20 | 27 | 00 | | | 26 | 45 |
| 3 | 30 | 12 | 41 | 48 | 05 | 20 | 23 | 52 | | | 26 | 30 |
| 3 | 45 | 12 | 46 | 54 | 03 | 20 | 20 | 40 | | | 26 | 15 |
| 4 | 00 | 12 | 51 | 59 | 13 | | | | | | 26 | 00 |
| | | | | | | 20 | 17 | 28 | 05 | 17 | | |
| 4 | 15 | 12 | 57 | 13 | 02 | 20 | 14 | 20 | | | 25 | 45 |
| 4 | 30 | 13 | 02 | 07 | 10 | 20 | 11 | 04 | | | 25 | 30 |
| 4 | 45 | 13 | 07 | 09 | 56 | 20 | 07 | 52 | | | 25 | 15 |
| 5 | 00 | 13 | 12 | 11 | 54 | | | | | | 25 | 00 |
| | | | | | | 20 | 04 | 32 | 05 | 26 | | |
| 5 | 15 | 13 | 17 | 13 | 02 | 20 | 01 | 16 | | | 24 | 45 |
| 5 | 30 | 13 | 22 | 13 | 21 | 19 | 57 | 56 | | | 24 | 30 |
| 5 | 45 | 13 | 27 | 12 | 50 | 19 | 54 | 36 | | | 24 | 15 |
| 6 | 00 | 13 | 32 | 11 | 29 | | | | | | 24 | 00 |
| | | | | | | 19 | 51 | 16 | 05 | 34 | | |
| 6 | 15 | 13 | 37 | 09 | 18 | 19 | 47 | 48 | | | 23 | 45 |
| 6 | 30 | 13 | 42 | 06 | 15 | 19 | 44 | 28 | | | 23 | 30 |
| 6 | 45 | 13 | 47 | 02 | 22 | 19 | 41 | 00 | | | 23 | 15 |
| 7 | 00 | 13 | 51 | 57 | 37 | | | | | | 23 | 00 |
| | | | | | | 19 | 37 | 32 | 05 | 42 | | |
| 7 | 15 | 13 | 56 | 52 | 00 | 19 | 34 | 04 | | | 22 | 45 |
| 7 | 30 | 14 | 01 | 45 | 31 | 19 | 30 | 32 | | | 22 | 30 |
| 7 | 45 | 14 | 06 | 38 | 09 | 19 | 27 | 00 | | | 22 | 15 |
| 8 | 00 | 14 | 11 | 29 | 54 | | | | | | 22 | 00 |
| | | | | | | 19 | 23 | 28 | 05 | 50 | | |
| 8 | 15 | 14 | 16 | 20 | 46 | 19 | 19 | 52 | | | 21 | 45 |
| 8 | 30 | 14 | 21 | 10 | 44 | 19 | 16 | 16 | | | 21 | 30 |
| 8 | 45 | 14 | 25 | 59 | 48 | 19 | 12 | 40 | | | 21 | 15 |
| 9 | 00 | 14 | 30 | 47 | 58 | | | | | | 21 | 00 |
| | | | | | | 19 | 08 | 00 | 05 | 58 | | |
| 9 | 15 | 14 | 35 | 35 | 13 | 19 | 05 | 16 | | | 20 | 45 |
| 9 | 30 | 14 | 40 | 21 | 32 | 19 | 01 | 32 | | | 20 | 30 |
| 9 | 45 | 14 | 45 | 06 | 57 | 18 | 57 | 52 | | | 20 | 15 |
| 10 | 00 | 14 | 49 | 51 | 25 | | | | 06 | 06 | 20 | 00 |
| | | 4. ♌. | | 10. ♒. | | | | | | | | |

| ° ′ | ♉. 1. ° ′ ″ ‴ | ♏. 7. | | | Equacion para los minutos. ″ ‴ ⁗ | | | Equac. para 10″ de difer. ″ ‴ | | ° ′ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 10 00 | 14 | 49 | 51 | 25 | 18 | 54 | 08 | 06 | 06 | 20 00 |
| 10 15 | 14 | 54 | 34 | 57 | 18 | 50 | 24 | | | 19 45 |
| 10 30 | 14 | 59 | 17 | 33 | 18 | 46 | 36 | | | 19 30 |
| 10 45 | 15 | 03 | 59 | 12 | 18 | 42 | 48 | | | 19 15 |
| 11 00 | 15 | 08 | 36 | 54 | 18 | 38 | 52 | 06 | 14 | 16 00 |
| 11 15 | 15 | 13 | 19 | 37 | 18 | 35 | 08 | | | 18 45 |
| 11 30 | 15 | 17 | 58 | 24 | 18 | 31 | 12 | | | 18 30 |
| 11 45 | 15 | 22 | 36 | 12 | 18 | 27 | 16 | | | 18 15 |
| 17 00 | 15 | 27 | 13 | 01 | 18 | 23 | 20 | 06 | 22 | 18 00 |
| 12 15 | 15 | 31 | 48 | 51 | 18 | 19 | 24 | | | 17 45 |
| 12 30 | 15 | 36 | 23 | 42 | 18 | 15 | 24 | | | 17 30 |
| 12 45 | 15 | 40 | 57 | 33 | 18 | 11 | 24 | | | 17 15 |
| 13 00 | 15 | 45 | 30 | 24 | 18 | 07 | 24 | 06 | 30 | 17 00 |
| 13 15 | 15 | 50 | 02 | 15 | 18 | 02 | 20 | | | 16 45 |
| 13 30 | 15 | 54 | 33 | 05 | 17 | 59 | 16 | | | 16 30 |
| 13 45 | 15 | 59 | 02 | 54 | 17 | 55 | 08 | | | 16 15 |
| 14 00 | 16 | 03 | 31 | 41 | 17 | 51 | 00 | 06 | 38 | 16 00 |
| 14 15 | 16 | 07 | 59 | 26 | 17 | 46 | 56 | | | 15 45 |
| 14 30 | 16 | 12 | 26 | 10 | 17 | 42 | 44 | | | 15 30 |
| 14 45 | 16 | 16 | 51 | 51 | 17 | 38 | 32 | | | 15 15 |
| 15 00 | 16 | 21 | 16 | 29 | 17 | 34 | 16 | 06 | 46 | 15 00 |
| 15 15 | 16 | 25 | 40 | 03 | 17 | 30 | 08 | | | 14 45 |
| 15 30 | 16 | 30 | 02 | 35 | 17 | 25 | 48 | | | 14 30 |
| 15 45 | 16 | 34 | 24 | 02 | 17 | 21 | 36 | | | 14 15 |
| 16 00 | 16 | 38 | 44 | 26 | 17 | 17 | 16 | 06 | 53 | 14 00 |
| 16 15 | 16 | 43 | 03 | 45 | 17 | 12 | 52 | | | 13 45 |
| 16 30 | 16 | 47 | 21 | 58 | 17 | 08 | 36 | | | 13 30 |
| 16 45 | 16 | 51 | 39 | 07 | 17 | 04 | 12 | | | 13 15 |
| 17 00 | 16 | 55 | 55 | 10 | 16 | 59 | 48 | 07 | 00 | 13 00 |
| 17 15 | 17 | 00 | 10 | 07 | 16 | 55 | 28 | | | 12 45 |
| 17 30 | 17 | 04 | 23 | 59 | 16 | 51 | 04 | | | 12 30 |
| 17 45 | 17 | 08 | 36 | 45 | 16 | 46 | 32 | | | 12 15 |
| 18 00 | 17 | 12 | 48 | 23 | 16 | 41 | 56 | 07 | 07 | 12 00 |
| 18 15 | 17 | 16 | 58 | 52 | 16 | 37 | 28 | | | 11 45 |
| 18 30 | 17 | 21 | 08 | 14 | 16 | 32 | 56 | | | 11 30 |
| 18 45 | 17 | 25 | 16 | 28 | 16 | 28 | 24 | | | 11 15 |
| 19 00 | 17 | 29 | 23 | 34 | 16 | 23 | 52 | 07 | 14 | 11 00 |
| 19 15 | 17 | 33 | 29 | 32 | 16 | 19 | 16 | | | 10 45 |
| 19 30 | 17 | 37 | 34 | 21 | 16 | 14 | 40 | | | 10 30 |
| 19 45 | 17 | 41 | 38 | 01 | 16 | 10 | 00 | | | 10 15 |
| 20 00 | 17 | 45 | 40 | 31 | | | | | | 10 00 |
| | | | | | | | | 07 | 21 | |
| | 4. ♌. | | 10. ♒. | | | | | | | |

| ° | ' | ♉. 1. ° | ' | ♏. 7. '' | ''' | Equacion para los minutos. '' | ''' | '''' | Equac. para 10'' de difer. '' | ''' | ° | ' |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 20 | 00 | 17 | 45 | 40 | 31 | | | | | | 10 | 00 |
| | | | | | | 16 | 05 | 20 | 07 | 21 | | |
| 20 | 15 | 17 | 49 | 41 | 51 | | | | | | 09 | 45 |
| | | | | | | 16 | 00 | 36 | | | | |
| 20 | 30 | 17 | 53 | 42 | 00 | | | | | | 09 | 30 |
| | | | | | | 15 | 55 | 52 | | | | |
| 20 | 45 | 17 | 57 | 40 | 58 | | | | | | 09 | 15 |
| | | | | | | 15 | 51 | 04 | | | | |
| 21 | 00 | 18 | 01 | 38 | 44 | | | | | | 09 | 00 |
| | | | | | | 15 | 46 | 16 | 07 | 28 | | |
| 21 | 15 | 18 | 05 | 35 | 18 | | | | | | 08 | 45 |
| | | | | | | 15 | 41 | 28 | | | | |
| 21 | 30 | 18 | 09 | 30 | 40 | | | | | | 08 | 30 |
| | | | | | | 15 | 36 | 40 | | | | |
| 21 | 45 | 18 | 13 | 24 | 50 | | | | | | 08 | 15 |
| | | | | | | 15 | 31 | 56 | | | | |
| 22 | 00 | 18 | 17 | 17 | 49 | | | | | | 08 | 00 |
| | | | | | | 15 | 27 | 04 | 07 | 35 | | |
| 22 | 15 | 18 | 21 | 09 | 35 | | | | | | 07 | 45 |
| | | | | | | 15 | 22 | 08 | | | | |
| 22 | 30 | 18 | 25 | 00 | 07 | | | | | | 07 | 30 |
| | | | | | | 15 | 17 | 20 | | | | |
| 22 | 45 | 18 | 28 | 49 | 27 | | | | | | 07 | 15 |
| | | | | | | 15 | 12 | 28 | | | | |
| 23 | 00 | 18 | 32 | 37 | 34 | | | | | | 07 | 00 |
| | | | | | | 15 | 07 | 32 | 07 | 42 | | |
| 23 | 15 | 18 | 36 | 24 | 27 | | | | | | 06 | 45 |
| | | | | | | 15 | 02 | 36 | | | | |
| 23 | 30 | 18 | 40 | 10 | 06 | | | | | | 06 | 30 |
| | | | | | | 14 | 57 | 36 | | | | |
| 23 | 45 | 18 | 43 | 54 | 30 | | | | | | 06 | 15 |
| | | | | | | 14 | 52 | 36 | | | | |
| 24 | 00 | 18 | 47 | 37 | 39 | | | | | | 06 | 00 |
| | | | | | | 14 | 47 | 32 | 07 | 49 | | |
| 24 | 15 | 18 | 51 | 39 | 32 | | | | | | 05 | 45 |
| | | | | | | 14 | 42 | 32 | | | | |
| 24 | 30 | 18 | 55 | 00 | 10 | | | | | | 05 | 30 |
| | | | | | | 14 | 37 | 28 | | | | |
| 24 | 45 | 18 | 58 | 39 | 32 | | | | | | 05 | 15 |
| | | | | | | 14 | 32 | 24 | | | | |
| 25 | 00 | 19 | 02 | 17 | 38 | | | | | | 05 | 00 |
| | | | | | | 14 | 27 | 20 | 07 | 56 | | |
| 25 | 15 | 19 | 05 | 54 | 28 | | | | | | 04 | 45 |
| | | | | | | 14 | 22 | 08 | | | | |
| 25 | 30 | 19 | 09 | 30 | 00 | | | | | | 04 | 30 |
| | | | | | | 14 | 17 | 00 | | | | |
| 25 | 45 | 19 | 13 | 04 | 15 | | | | | | 04 | 15 |
| | | | | | | 14 | 11 | 52 | | | | |
| 26 | 00 | 19 | 16 | 37 | 13 | | | | | | 04 | 00 |
| | | | | | | 14 | 06 | 40 | 08 | 03 | | |
| 26 | 15 | 9 | 20 | 08 | 53 | | | | | | 03 | 45 |
| | | | | | | 14 | 01 | 32 | | | | |
| 26 | 30 | 19 | 23 | 39 | 16 | | | | | | 03 | 30 |
| | | | | | | 13 | 56 | 20 | | | | |
| 26 | 45 | 19 | 27 | 08 | 21 | | | | | | 03 | 15 |
| | | | | | | 13 | 51 | 04 | | | | |
| 27 | 00 | 19 | 30 | 36 | 07 | | | | | | 03 | 00 |
| | | | | | | 13 | 45 | 48 | 08 | 10 | | |
| 27 | 15 | 19 | 34 | 02 | 34 | | | | | | 02 | 45 |
| | | | | | | 13 | 40 | 28 | | | | |
| 27 | 30 | 19 | 37 | 27 | 41 | | | | | | 02 | 30 |
| | | | | | | 13 | 35 | 04 | | | | |
| 27 | 45 | 19 | 40 | 51 | 27 | | | | | | 02 | 15 |
| | | | | | | 13 | 29 | 40 | | | | |
| 28 | 00 | 19 | 44 | 13 | 52 | | | | | | 02 | 00 |
| | | | | | | 13 | 24 | 16 | 08 | 16 | | |
| 28 | 15 | 19 | 47 | 34 | 56 | | | | | | 01 | 45 |
| | | | | | | 13 | 18 | 48 | | | | |
| 28 | 30 | 19 | 50 | 54 | 38 | | | | | | 01 | 30 |
| | | | | | | 13 | 13 | 28 | | | | |
| 28 | 45 | 19 | 54 | 13 | 00 | | | | | | 01 | 15 |
| | | | | | | 13 | 08 | 04 | | | | |
| 29 | 00 | 19 | 57 | 30 | 01 | | | | | | 01 | 00 |
| | | | | | | 13 | 02 | 44 | 08 | 22 | | |
| 29 | 15 | 20 | 00 | 45 | 42 | | | | | | 00 | 45 |
| | | | | | | 12 | 57 | 24 | | | | |
| 29 | 30 | 20 | 04 | 00 | 03 | | | | | | 00 | 30 |
| | | | | | | 12 | 52 | 04 | | | | |
| 29 | 45 | 20 | 07 | 13 | 04 | | | | | | 00 | 15 |
| | | | | | | 12 | 46 | 40 | | | | |
| 30 | 00 | 20 | 10 | 24 | 44 | | | | | | 00 | 00 |
| | | | | | | | | | 08 | 28 | | |
| | | 4. ♌. | | 10. ♒. | | | | | | | | |

| ° | ' | ♊. 2. ° | ' | " | ♐. 8. ''' | Equacion para los minutos. " | ''' | '''' | Equac. para 10" de difer. " | ''' | ° | ' |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 00 | 20 | 10 | 24 | 44 | 12 | 41 | 00 | 08 | 28 | 30 | 00 |
| 0 | 15 | 20 | 13 | 34 | 59 | 12 | 35 | 28 | | | 29 | 45 |
| 0 | 30 | 20 | 16 | 43 | 51 | 12 | 29 | 44 | | | 29 | 30 |
| 0 | 45 | 20 | 19 | 51 | 17 | 12 | 24 | 04 | | | 29 | 15 |
| 1 | 00 | 20 | 22 | 57 | 18 | | | | | | 29 | 00 |
| | | | | | | 12 | 18 | 28 | 08 | 34 | | |
| 1 | 15 | 20 | 26 | 01 | 55 | 12 | 12 | 52 | | | 28 | 45 |
| 1 | 30 | 20 | 29 | 05 | 08 | 12 | 07 | 20 | | | 28 | 30 |
| 1 | 45 | 20 | 32 | 06 | 58 | 12 | 01 | 44 | | | 28 | 15 |
| 2 | 00 | 20 | 35 | 07 | 24 | | | | | | 28 | 00 |
| | | | | | | 11 | 56 | 12 | 08 | 40 | | |
| 2 | 15 | 20 | 38 | 06 | 27 | 11 | 50 | 28 | | | 27 | 45 |
| 2 | 30 | 20 | 41 | 04 | 04 | 11 | 44 | 48 | | | 27 | 30 |
| 2 | 45 | 20 | 44 | 00 | 16 | 11 | 39 | 04 | | | 27 | 15 |
| 3 | 00 | 20 | 46 | 55 | 02 | | | | | | 27 | 00 |
| | | | | | | 11 | 33 | 20 | 08 | 45 | | |
| 3 | 15 | 20 | 49 | 48 | 22 | 11 | 27 | 28 | | | 26 | 45 |
| 3 | 30 | 20 | 52 | 40 | 14 | 11 | 21 | 44 | | | 26 | 30 |
| 3 | 45 | 20 | 55 | 30 | 40 | 11 | 15 | 56 | | | 26 | 15 |
| 4 | 00 | 20 | 58 | 19 | 39 | | | | | | 26 | 00 |
| | | | | | | 11 | 10 | 08 | 08 | 50 | | |
| 4 | 15 | 21 | 01 | 07 | 11 | 11 | 04 | 16 | | | 25 | 45 |
| 4 | 30 | 21 | 03 | 53 | 15 | 10 | 58 | 28 | | | 25 | 30 |
| 4 | 45 | 21 | 06 | 37 | 52 | 10 | 52 | 36 | | | 25 | 15 |
| 5 | 00 | 21 | 09 | 21 | 01 | | | | | | 25 | 00 |
| | | | | | | 10 | 46 | 44 | 08 | 55 | | |
| 5 | 15 | 21 | 12 | 02 | 42 | 10 | 40 | 48 | | | 24 | 45 |
| 5 | 30 | 21 | 14 | 42 | 54 | 10 | 34 | 52 | | | 24 | 30 |
| 5 | 45 | 21 | 17 | 21 | 37 | 10 | 28 | 52 | | | 24 | 15 |
| 6 | 00 | 21 | 19 | 58 | 50 | | | | | | 24 | 00 |
| | | | | | | 10 | 23 | 00 | 09 | 00 | | |
| 6 | 15 | 21 | 22 | 34 | 35 | 10 | 17 | 04 | | | 23 | 45 |
| 6 | 30 | 21 | 25 | 08 | 51 | 10 | 11 | 04 | | | 23 | 30 |
| 6 | 45 | 21 | 27 | 41 | 37 | 10 | 05 | 00 | | | 23 | 15 |
| 7 | 00 | 21 | 30 | 12 | 52 | | | | | | 23 | 00 |
| | | | | | | 9 | 59 | 04 | 09 | 05 | | |
| 7 | 15 | 21 | 32 | 42 | 38 | 9 | 53 | 00 | | | 22 | 45 |
| 7 | 30 | 21 | 35 | 10 | 53 | 9 | 46 | 56 | | | 22 | 30 |
| 7 | 45 | 21 | 37 | 37 | 37 | 9 | 40 | 56 | | | 22 | 15 |
| 8 | 00 | 21 | 40 | 02 | 51 | | | | | | 22 | 00 |
| | | | | | | 9 | 34 | 48 | 09 | 09 | | |
| 8 | 15 | 21 | 42 | 26 | 33 | 9 | 28 | 44 | | | 21 | 45 |
| 8 | 30 | 21 | 44 | 48 | 44 | 9 | 22 | 36 | | | 21 | 30 |
| 8 | 45 | 21 | 47 | 09 | 23 | 9 | 16 | 28 | | | 21 | 15 |
| 9 | 00 | 21 | 49 | 28 | 30 | | | | | | 21 | 00 |
| | | | | | | 9 | 10 | 20 | 09 | 13 | | |
| 9 | 15 | 21 | 51 | 46 | 05 | 9 | 04 | 12 | | | 20 | 45 |
| 9 | 30 | 21 | 54 | 02 | 08 | 8 | 58 | 00 | | | 20 | 30 |
| 9 | 45 | 21 | 56 | 16 | 38 | 8 | 51 | 48 | | | 20 | 15 |
| 10 | 00 | 21 | 58 | 29 | 35 | | | | | | 20 | 00 |
| | | | | | | | | | 09 | 17 | | |
| | | 3. ♋. | | 9. ♑. | | | | | | | | |

| | | ♊. 2. | | ♐. 8. | | Equacion para los minutos. | | | Equac. para 0'' de difer. | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ° | ' | ° | ' | '' | ''' | '' | ''' | '''' | '' | ''' | ° | ' |
| 10 | 00 | 21 | 58 | 29 | 35 | 08 | 45 | 40 | 09 | 17 | 20 | 00 |
| 10 | 15 | 22 | 00 | 41 | 00 | 08 | 39 | 24 | | | 19 | 45 |
| 10 | 30 | 22 | 02 | 50 | 51 | 08 | 33 | 08 | | | 19 | 30 |
| 10 | 45 | 22 | 04 | 59 | 08 | 08 | 26 | 56 | | | 19 | 15 |
| 11 | 00 | 22 | 07 | 05 | 52 | | | | | | 19 | 00 |
| | | | | | | 08 | 20 | 40 | 09 | 21 | | |
| 11 | 15 | 22 | 09 | 11 | 02 | 08 | 14 | 24 | | | 18 | 45 |
| 11 | 30 | 22 | 11 | 14 | 38 | 08 | 08 | 08 | | | 18 | 30 |
| 11 | 45 | 22 | 13 | 16 | 40 | 08 | 01 | 48 | | | 18 | 15 |
| 12 | 00 | 22 | 15 | 17 | 07 | | | | | | 18 | 00 |
| | | | | | | 07 | 55 | 32 | 09 | 25 | | |
| 12 | 15 | 22 | 17 | 16 | 00 | 07 | 49 | 08 | | | 17 | 45 |
| 12 | 30 | 22 | 19 | 13 | 17 | 07 | 42 | 48 | | | 17 | 30 |
| 12 | 45 | 22 | 21 | 08 | 59 | 07 | 36 | 32 | | | 17 | 15 |
| 13 | 00 | 22 | 23 | 03 | 07 | | | | | | 17 | 00 |
| | | | | | | 07 | 30 | 04 | 09 | 29 | | |
| 13 | 15 | 22 | 24 | 55 | 38 | 07 | 23 | 44 | | | 16 | 45 |
| 13 | 30 | 22 | 26 | 46 | 34 | 07 | 17 | 20 | | | 16 | 30 |
| 13 | 45 | 22 | 28 | 35 | 54 | 07 | 10 | 56 | | | 16 | 15 |
| 14 | 00 | 22 | 30 | 23 | 38 | | | | | | 16 | 00 |
| | | | | | | 07 | 04 | 32 | 09 | 33 | | |
| 14 | 15 | 22 | 32 | 09 | 46 | 06 | 58 | 08 | | | 15 | 45 |
| 14 | 30 | 22 | 33 | 54 | 18 | 06 | 51 | 40 | | | 15 | 30 |
| 14 | 45 | 22 | 35 | 37 | 13 | 06 | 45 | 12 | | | 15 | 15 |
| 15 | 00 | 22 | 37 | 18 | 31 | | | | | | 15 | 00 |
| | | | | | | 06 | 38 | 40 | 09 | 37 | | |
| 15 | 15 | 22 | 38 | 58 | 11 | 06 | 32 | 16 | | | 14 | 45 |
| 15 | 30 | 22 | 40 | 36 | 15 | 06 | 25 | 44 | | | 14 | 30 |
| 15 | 45 | 22 | 42 | 12 | 41 | 06 | 19 | 16 | | | 14 | 15 |
| 16 | 00 | 22 | 43 | 47 | 30 | | | | | | 14 | 00 |
| | | | | | | 06 | 12 | 44 | 09 | 40 | | |
| 16 | 15 | 22 | 45 | 20 | 41 | 06 | 06 | 16 | | | 13 | 45 |
| 16 | 30 | 22 | 46 | 52 | 15 | 05 | 59 | 44 | | | 13 | 30 |
| 16 | 45 | 22 | 48 | 22 | 11 | 05 | 53 | 08 | | | 13 | 15 |
| 17 | 00 | 22 | 49 | 50 | 28 | | | | | | 13 | 00 |
| | | | | | | 05 | 46 | 40 | 09 | 43 | | |
| 17 | 15 | 22 | 51 | 17 | 08 | 05 | 40 | 04 | | | 12 | 45 |
| 17 | 30 | 22 | 52 | 42 | 09 | 05 | 33 | 28 | | | 12 | 30 |
| 17 | 45 | 22 | 54 | 05 | 31 | 05 | 26 | 52 | | | 12 | 15 |
| 18 | 00 | 22 | 55 | 27 | 14 | | | | | | 12 | 00 |
| | | | | | | 05 | 20 | 24 | 09 | 46 | | |
| 18 | 15 | 22 | 56 | 47 | 20 | 05 | 13 | 44 | | | 11 | 45 |
| 18 | 30 | 22 | 58 | 05 | 46 | 05 | 07 | 08 | | | 11 | 30 |
| 18 | 45 | 22 | 59 | 22 | 33 | 05 | 00 | 24 | | | 11 | 15 |
| 19 | 00 | 23 | 00 | 37 | 39 | | | | | | 11 | 00 |
| | | | | | | 04 | 53 | 48 | 09 | 48 | | |
| 19 | 15 | 23 | 01 | 51 | 06 | 04 | 47 | 12 | | | 10 | 45 |
| 19 | 30 | 23 | 03 | 02 | 54 | 04 | 40 | 36 | | | 10 | 30 |
| 19 | 45 | 3 | 04 | 13 | 03 | 04 | 34 | 04 | | | 10 | 15 |
| 20 | 00 | 3 | 05 | 21 | 34 | | | | | | 10 | 00 |
| | | | | | | | | | 09 | 50 | | |
| | | 3. ♋. | | 9. ♑. | | | | | | | | |

| ° ' | | II. 2. | | ♐. 8. | | Equacion para los minutos. | | | Equac. para 10'' de difer. | | ° ' | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ° | ' | " | ''' | " | ''' | '''' | " | ''' | | |
| 20 | 00 | 23 | 05 | 21 | 34 | 04 | 27 | 24 | 09 | 50 | 10 | 00 |
| 20 | 15 | 23 | 06 | 28 | 25 | 04 | 20 | 40 | | | 09 | 45 |
| 20 | 30 | 23 | 07 | 33 | 35 | 04 | 13 | 56 | | | 09 | 30 |
| 20 | 45 | 23 | 08 | 37 | 04 | 04 | 07 | 08 | | | 09 | 15 |
| 21 | 00 | 23 | 09 | 38 | 51 | 04 | 00 | 32 | 09 | 52 | 09 | 00 |
| 21 | 15 | 23 | 10 | 38 | 59 | 03 | 53 | 52 | | | 08 | 45 |
| 21 | 30 | 23 | 11 | 37 | 27 | 03 | 47 | 08 | | | 08 | 30 |
| 21 | 45 | 23 | 12 | 34 | 14 | 03 | 40 | 32 | | | 08 | 15 |
| 22 | 00 | 23 | 13 | 29 | 22 | 03 | 33 | 44 | 09 | 53 | 08 | 00 |
| 22 | 15 | 23 | 14 | 22 | 48 | 03 | 27 | 00 | | | 07 | 45 |
| 22 | 30 | 23 | 15 | 14 | 33 | 03 | 20 | 16 | | | 07 | 30 |
| 22 | 45 | 23 | 16 | 04 | 37 | 03 | 13 | 36 | | | 07 | 15 |
| 23 | 00 | 23 | 16 | 53 | 01 | 03 | 06 | 48 | 09 | 54 | 07 | 00 |
| 23 | 15 | 23 | 17 | 39 | 43 | 03 | 00 | 04 | | | 06 | 45 |
| 23 | 30 | 23 | 18 | 24 | 44 | 02 | 53 | 20 | | | 06 | 30 |
| 23 | 45 | 23 | 19 | 08 | 04 | 02 | 46 | 36 | | | 06 | 15 |
| 24 | 00 | 23 | 19 | 49 | 43 | 02 | 39 | 52 | 09 | 55 | 06 | 00 |
| 24 | 15 | 23 | 20 | 29 | 41 | 02 | 33 | 04 | | | 05 | 45 |
| 24 | 30 | 23 | 21 | 07 | 57 | 02 | 26 | 16 | | | 05 | 30 |
| 24 | 45 | 23 | 21 | 44 | 31 | 02 | 19 | 28 | | | 05 | 15 |
| 25 | 00 | 23 | 22 | 19 | 23 | 02 | 12 | 44 | 09 | 56 | 05 | 00 |
| 25 | 15 | 23 | 22 | 52 | 34 | 02 | 05 | 56 | | | 04 | 45 |
| 25 | 30 | 23 | 23 | 24 | 03 | 01 | 59 | 12 | | | 04 | 30 |
| 25 | 45 | 23 | 23 | 53 | 51 | 01 | 52 | 20 | | | 04 | 15 |
| 26 | 00 | 23 | 24 | 21 | 56 | 01 | 45 | 36 | 09 | 57 | 04 | 00 |
| 26 | 15 | 23 | 24 | 48 | 20 | 01 | 38 | 48 | | | 03 | 45 |
| 26 | 30 | 23 | 25 | 13 | 02 | 01 | 31 | 20 | | | 03 | 30 |
| 26 | 45 | 23 | 25 | 36 | 02 | 01 | 25 | 04 | | | 03 | 15 |
| 27 | 00 | 23 | 25 | 57 | 18 | 01 | 18 | 20 | 09 | 58 | 03 | 00 |
| 27 | 15 | 23 | 26 | 16 | 53 | 01 | 11 | 32 | | | 02 | 45 |
| 27 | 30 | 23 | 26 | 34 | 46 | 01 | 04 | 44 | | | 02 | 30 |
| 27 | 45 | 23 | 26 | 50 | 57 | 00 | 58 | 00 | | | 02 | 15 |
| 28 | 00 | 23 | 27 | 05 | 27 | 00 | 51 | 12 | 09 | 59 | 02 | 00 |
| 28 | 15 | 23 | 27 | 18 | 15 | 00 | 44 | 16 | | | 01 | 45 |
| 28 | 30 | 23 | 27 | 29 | 19 | 00 | 37 | 28 | | | 01 | 30 |
| 28 | 45 | 23 | 27 | 38 | 41 | 00 | 30 | 44 | | | 01 | 15 |
| 29 | 00 | 23 | 27 | 46 | 22 | 00 | 23 | 48 | 10 | 00 | 01 | 00 |
| 29 | 15 | 23 | 27 | 52 | 19 | 00 | 17 | 04 | | | 00 | 45 |
| 29 | 30 | 23 | 27 | 56 | 35 | 00 | 10 | 12 | | | 00 | 30 |
| 29 | 45 | 23 | 27 | 59 | 08 | 00 | 03 | 28 | | | 00 | 15 |
| 30 | 00 | 23 | 28 | 00 | 00 | | | | 10 | 00 | 00 | 00 |
| | | 3. ♋. | | 9. ♑. | | | | | | | | |

# LIBRO III.

## De las Obſervaciones de Longitud.

### CAPITULO I.

*De las Obſervaciones de las Immerſiones, y Emerſiones de los Satelites de Jupiter.*

LAs obſervaciones de Longitud, de que S.M. nos hizo tambien particular encargo en nueſtro Viage al *Perù*, ſon de las mas eſſenciales à la Geographía, y Navegacion, para determinar las ſituaciones de los Lugares, los unos reſpecto de los otros, y poder conducir las Naves por caminos conocidos; la ignorancia de lo qual hà hecho, y hace todos los dias perder miſerablemente gran numero de perſonas, y de theſoros.

Varios methodos hay de determinar las Longitudes; pero el mas exacto (para diſtancias grandes) que al preſente ſe conoce, es por las obſervaciones de diferencias en tiempo entre los Lugares, cuyas longitudes ſe pretenden ſaber: las quales diferencias tambien ſe determinan por varios caminos; ſiendo el mas juſto de todos el obſervar en ambos ſitios la miſma Immerſion, ò Emerſion de los Satelites de Jupiter: porque viendoſe èſta por dos Obſervadores al miſmo inſtante, y ſiendo notado el tiempo, en que ſucediò, por ambos, la diferencia en tiempo queda concluìda, con ſolo el cotejo de las dos obſervaciones; y por conſiguiente la diferencia en Longitud, reducien-

ciendo la de tiempo à partes del Equador : todo lo qual es bien ſabido de los Inteligentes ; y eſta corta explicacion ſolo ſirve para los que no eſtuvieſſen tan verſados en el aſſumpto.

El modo de executar bien la obſervacion , conſiſte en dos operaciones : la primera en arreglar bien un exacto Pendulo , ò Relox de Pendula ; y la ſegunda en obſervar con un Teleſcopio de 16 à 20 , ò mas pies de largo el inſtante en el Pendulo , en que ſucediò la Immerſion , ò la Emerſion.

Eſta ultima no tiene mas practica , que lo dicho ; y con ſolo uno que cuente los ſegundos , que vàn paſſando en el Pendulo , y otro , que obſerve con el Teleſcopio la Immerſion , atendiendo al miſmo tiempo à los ſegundos, que và contando el compañero , para notar aquel , en que ſucediò , quedarà la obſervacion hecha ; con tal que ſe ponga baſtante cuidado , y atencion , pues un ſolo minuto de diferencia en tiempo , produce un yerro de cinco leguas en Longitud.

La primera operacion pide en algunas coſas atencion; que ſerà bien explicar , tanto para la inteligencia de ellas, quanto para que ſe vea el methodo , con que executamos nueſtras obſervaciones , y ſe pueda juzgar de ſu exactitud: pero pareciendome , que ſervirà mas de confuſion , que de utilidad el repetir lo miſmo varias veces , creo ſerà mejor , explicar por extenſo una de las obſervaciones , que hicimos , con todas las atenciones , precauciones , y reparos , que tuvimos en ella ; pues ſiendo para las demàs los miſmos , ſe deberàn ſuponer guardados en todas las otras: y aſsi en ellas ſolo pondrè ſu reſulta , que es lo mas importante.

El

El dia 6 de Marzo de 1741 eſtando en *Lima D. Antonio de Ulloa*, y yo, tomamos con nueſtro Quarto de circulo las alturas, que ſe ſiguen.

| Horas, min y ſeg. de la mañan. à que | los limbos del Sol. | tuvieron de altura | y Horas, min. y ſeg. de la tarde. |
|---|---|---|---|
| $8^h\ 24'\ 05''$ | ſuperior | $37°$ | $3^h\ 32'\ 39''$ |
| 26 17 | inferior | | 30 27 |
| 28 12 | ſuperior | 38 | 28 33 |
| 30 25 | inferior | | 26 20 |
| 32 17 | ſuperior | 39 | 24 27 |
| 34 30 | inferior | | 22 15 |

La primera coluna contiene las horas, minutos, y ſegundos de la mañana, notados en el Pendulo ( que S. M. nos mandò tambien remitir entre los Inſtrumentos conſtruìdos en *Parìs* ), à las quales los limbos del Sol de la ſegunda coluna obtuvieron los grados de altura de la tercera: y la quarta coluna contiene las horas, minutos, y ſegundos de la tarde, à las quales los miſmos limbos del Sol obtuvieron los miſmos grados de altura.

Es bien ſabido, que deſde que ſale el Sol de una cierta altura por la mañana, haſta que llega al Meridiano, ſe paſſa el miſmo tiempo ( ſalvo una cierta correccion, que ſe explicarà deſpues ) que deſde que ſale del Meridiano, haſta que obtiene la miſma altura por la tarde: luego en las obſervaciones antecedentes, dividiendo la diferencia de tiempo de las horas notadas por la mañana, à las notadas por la tarde en dos partes iguales, y agregando la una mitad à las horas de la mañana, ſe obtendrà la hora, en que llegò el centro del Sol al Meridiano, ò el punto de

 las

las doce: esto es, la hora en el Pendulo, à la qual eran las doce en punto: en esta forma,

| | | | |
|---|---|---|---|
| Hora de la mañana | 8h | 24′ | 05″ |
| su correspondiente de la tarde | 3 | 32 | 39 |
| diferencia | 7 | 08 | 34 |
| su mitad | 3 | 34 | 17 |
| mas la hora de la mañana | 8 | 24 | 05 |
| medio dia en el Pendulo | 11 | 58 | 22 |

Con esto se vè, que sola una altura tomada por la mañana, y su correspondiente tomada por la tarde, son suficientes, para hallar el medio en el Pendulo; pero sin embargo tomabamos varias, para que cotejadas sus resultas, se mostrasse el yerro, si se havìa ocasionado alguno en las observaciones.

En el caso presente, las seis alturas correspondientes comparadas, dàn el verdadero medio dia, como se sigue.

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8h | 24′ | 05″ | 8h | 26′ | 17″ | 8h | 28′ | 12″ |
| 3 | 32 | 39 | 3 | 30 | 27 | 3 | 28 | 33 |
| 7 | 08 | 34 | 7 | 04 | 10 | 7 | 00 | 21 |
| 3 | 34 | 17 | 3 | 32 | 05 | 3 | 30 | 10½ |
| 11 | 56 | 22 | 11 | 58 | 22 | 11 | 58 | 22½ |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8h | 30′ | 25″ | 8h | 32′ | 17″ | 8h | 34′ | 30″ |
| 3 | 26 | 20 | 3 | 24 | 27 | 3 | 22 | 15 |
| 6 | 55 | 55 | 6 | 52 | 10 | 6 | 47 | 45 |
| 3 | 27 | 57½ | 3 | 26 | 05 | 3 | 23 | 52½ |
| 11 | 58 | 22½ | 11 | 58 | 22 | 11 | 58 | 22½ |

Donde se vè, que todas dàn el medio dia, à medio segundo de diferencia, que es quanta exactitud se puede de-

deſear : y tomando un medio arithmético entre todas , ſe tendrà el medio dia en el Pendulo à las 11 horas 58 minutos $22\frac{1}{4}$ ſegundos.

Dixe antecedentemente , que el tiempo , que el Sol gaſtaba en llegar al Meridiano , deſde que ſale de una altura por la mañana , es igual al tiempo , que emplea , deſde que ſale del Meridiano , haſta que obtiene la miſma altura por la tarde , ſalvo una corta correccion , que es neceſſario hacer. Eſta proviene del movimiento en Declinacion , que el Sol tiene , deſde el tiempo, en que ſe hacen las obſervaciones de la mañana , à aquel en que ſe hacen las de la tarde. Su explicacion , y particularidades ſon algo dilatadas ; por cuyo motivo juzgo , que por no detenernos en el calculo de las obſervaciones de las Immerſiones , podemos ſuponerla al preſente , y explicarla deſpues en Capitulo ſeparado : y aſsi corregirémos de eſta ſuerte el medio dia hallado antecedentemente.

| | |
|---|---|
| Medio dia hallado por las alturas correſpondientes | $11^h\ 58'\ 22\frac{1}{4}''$ |
| Correccion aditiva | $2\frac{2}{3}$ |
| Verdadero medio dia | 11 58 25 |

Con el miſmo methodo tomamos alturas correſpondientes el dia 13 de Marzo , y deſpues de aplicada la correccion, hallamos el verdadero medio

| | |
|---|---|
| dia en el Pendulo à las | $11^h\ 59'\ 33''$ |
| Verdadero medio dia del 6 | 11 58 25 |
| luego adelantamiento del Pendulo en 7 dias de tiempo verdadero | 00 01 08 |
| En eſtos miſmos 7 dias el tiempo medio ſe atrasò reſpecto del verdadero | $00^h\ 01'\ 57''$ |
| luego el Pendulo ſe adelantò en los | |

miſ-

| | |
|---|---|
| miſmos 7 dias ſobre el tiempo medio | $00^{h}\ 03'\ 05''$ |
| y en un dia ſe adelantaría | $00\ 00\ 26\frac{3}{7}$ |
| La noche antecedente del doce obſervamos la Emerſion del primer Satelite de Jupiter à las | 11 38 00 |
| deſde cuya hora, haſta las doce del dia 13 vàn | 12 22 00 |
| en las quales el Pendulo ſe adelantaría ſobre el tiempo medio | $00\ 00\ 13\frac{1}{2}$ |
| pero en las miſmas $12^{h}\ 22'$ el tiempo medio ſe atrasò del verdadero | $00\ 00\ 09\frac{1}{4}$ |
| luego ſe adelantò el Pendulo en dichas $12^{h}\ 22'$ ſobre el tiempo verdadero ſolos | $00\ 00\ 04\frac{1}{4}$ |
| que ſubſtraìdos del medio dia del 13 | 11 59 33 |
| quedan | $11\ 59\ 28\frac{3}{4}$ |
| cuyo complemento à 12 horas es lo que el Pendulo iba atraſado à la hora de la obſervacion del Satelite | $00\ 00\ 31\frac{1}{4}$ |
| y aſsi añadido à la hora del Pendulo, en que ſe obſervò la Emerſion | 11 38 00 |
| ſe tendrà la hora verdadera, en que ſucediò la Emerſion del primer Satelite de Jupiter | $11\ 38\ 31\frac{1}{4}$ |

En la propia conformidad ſe hicieron varias obſervaciones de Immerſiones, y Emerſiones de los Satelites de Jupiter, que ſon las ſiguientes; en las quales las horas notadas, ſon las verdaderas, corregidas como en el exemplo antecedente.

Obſervaciones de las Emerſiones de los Satelites de Jupiter hechas en *Cartagena* el año de 1735 por *D. Antonio de Ulloa*, y por mì: haviendonos ſervido del Annulo aſtro-

tronómico, que fuè del *P. Feüilée*, para tomar alturas correſpondientes, y arreglar el Pendulo, y de un Teleſcópio de 16 pies, y medio del Piè de Rey de *Parìs* de largo.

| | | | Satelites. | Horas de las obſervaciones. |
|---|---|---|---|---|
| Julio | 29 | eſtando la Atmoſphera algo craſa | 1 | $9^h\ 28'\ 56''$ |
| Agoſto | 14 | el Cielo bien limpio | ' | 7 47 11 |
| | 18 | la Atmoſphera caſi imperceptible craſa | 2 | 10 30 43 |
| | 21 | el Cielo bien limpio | 3 | 08 12 $19\frac{1}{2}$ |
| | | | 1 | 09 45 10 |
| Octubre | 15 | la Atmoſphera algo craſa | | 06 58 $33\frac{3}{4}$ |
| | 22 | | | 08 53 23 |

En *Quito* hicimos con *M. Godin* las obſervaciones, que ſe ſiguen, con un Teleſcópio de 18 pies de largo el año de 1736.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Julio | 1 | eſtando la Atmoſphera algo craſa | Imm. 3 | $14^h\ 42'\ 42''$ |
| | 8 | el Cielo bien limpio | 1 | 10 04 $41\frac{1}{4}$ |
| | 15 | el Cielo bien cargado, por lo que ſe le quita à la obſerv. 2'. | | 11 56 28 |
| | 24 | la Atmoſphera algo craſa | | 8 19 24 |
| | | el Cielo bien limpio | 2 | 12 10 $30\frac{1}{2}$ |
| Agoſto | 18 | | Emer. 2 | 14 16 47 |

En *Cayambe* hizo con *M. Godin D. Antonio de Ulloa* en 1736 las obſervaciones, que ſe ſiguen.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Septiemb. | 17 | eſtando el Cielo limpio | 1 | $7^h\ 37'\ 19\frac{2}{3}''$ |
| | 19 | cargado | 3 | 00 33 54 |

Eſtan-

Eſtando el año de 1741 en *Lima D. Antonio de Ulloa*, y yo, obſervamos con el Teleſcópio de 16 pies, y medio, las Emerſiones, que ſe ſiguen.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Febrero | 3 | eſtando el Cielo limpio | 1 | $7^h$ | $30'$ | $07\frac{1}{2}''$ |
| Marzo | 5 | | | 9 | 40 | 59 |
| | 12 | la Atmoſphera algo craſa | | 11 | 38 | $31\frac{1}{4}$ |
| | 21 | | | 8 | 04 | 36 |
| | 28 | | | 10 | 03 | 36 |
| Abril | 29 | el Cielo limpio | | 06 | 46 | 35 |

De regreſſo à Eſpaña por el Cabo de Hornos, haviendo arribado al *Guarico*, ò *Cabo Francès*, obſervè con el miſmo Teleſcópio la Emerſion del primer Satelite de Jupiter del dia 29 de Julio de 1745, à las $9^h\ 55'\ 57''$

Eſtas obſervaciones comparadas con las miſmas, hechas en otros lugares, donde hay eſtablecidos Obſervatorios, daràn con la mayor preciſion las Longitudes Geográphicas.

## CAPITULO II.

### *De las Obſervaciones de Eclipſes de Luna.*

LOS Eclipſes de Luna ſon tambien muy propios, para determinar la Longitud de los Lugares, haciendo igual uſo de ellos, que de las Immerſiones de los Satelites; por cuyo motivo, tuvimos gran cuydado, en obſervar todos los que pudimos en el diſcurſo del Viage; y ſon los que ſe ſiguen.

El dia 19 de Septiembre de 1736, eſtando en *Yaruquì*, Pueblo en el llano, donde ſe midiò la Baſe fundamental

para

para la medida de la Meridiana, obſervè eſte Eclipſe.

| | Horas de las obſervaciones. |
|---|---|
| Principio del Eclipſe | $7^h\ 47'\ 19''$ |
| *Galilèo* entrò en ſombra | 51 04 |
| Principio de *Mare Humorum* | 55 39 |
| *Keplero* | 56 49 |
| *Ariſtarcho* entrò en ſombra | 58 29 |
| *Lansbergio* entrò en ſombra | 8 02 15 |
| Principio de *Tycho* | 11 39 |
| *Mare Nectaris* | 33 08 |
| Fin de *Mare Nectaris* | 35 48 |
| Principio de *Mare Fecunditatis* | 38 38 |
| *Mare Criſium* | 43 28 |
| Fin de *Mare Fecunditatis* | 46 32 |
| *Mare Criſium* | 47 37 |
| Fin de la total Immerſion, ò Eclipſe | 51 32 |
| Principio de la Emerſion | 10 38 24 |

El reſto de las Emerſiones no ſe pudieron lograr por las muchas Nubes, que cubrieron la Luna.

El dia 8 de Septiembre de 1737, eſtando en *Quito*, obſervè el que ſe ſigue.

| | Horas de las obſervaciones. |
|---|---|
| *Keplero* empezò à entrar en ſombra | $9^h\ 02'\ 53\frac{1}{2}''$ |
| Acabò de entrar el miſmo | 04 59 |
| Principio de *Platòn* | 10 55 |
| Fin del miſmo | 12 $14\frac{1}{2}$ |
| Principio de *Timocares* | 18 00 |
| *Copernico* | 25 $45\frac{1}{2}$ |
| *Grimaldi* | 28 01 |
| Fin de *Copernico* | 30 01 |
| Principio de *Manilio* | 41 22 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Principio de *Menelao* | 09$^h$ | 44$'$ | 52½$''$ |
| *Plinio* | | 52 | 03 |
| Saliò *Grimaldi* | | 58 | 33½ |
| Entrò *Dionisio* | 10 | 13 | 30 |
| Saliò *Copernicò* | | 36 | 32 |
| *Aristarcho* | | 39 | 31½ |
| *Manilio* | | 50 | 08 |
| *Menelao* | | 54 | 08½ |
| *Archimedes* | | 56 | 58½ |
| *Platòn* | 11 | 11 | 46½ |
| *Mare Crisium* | | 15 | 05 |
| *Hermes* | | 23 | 16 |
| Fin de la total Emersion | | 30 | 51½ |

Es de notar en este Eclipse una particularidad, y es, que huvo Faculas, que se immergieron despues, que otras salieron de la sombra. En la misma observacion se vè, que *Dionisio* entrò en sombra, despues que saliò *Grimaldi*.

El dia 24 de Enero de 1739, estando tambien en *Quito*, observè con un anteojo de reflexion de 14 pulgadas de largo, el que se sigue.

| | Horas de las observaciones. | | |
|---|---|---|---|
| Saliò el medio de *Mare Crisium* | 7$^h$ | 06$'$ | 05½$''$ |
| Fin de *Mare Crisium* | | 9 | 15½ |
| Fin del Eclipse total | | 13 | 30½ |

La sombra en esta observacion se viò bien terminada, aunque la Penumbra era muy estendida, pero bien distinguida de la sombra. El Eclipse me pareciò finalizar en el extremo de un Diametro tirado en la Luna por la Facula blanca junto à *Insula sinus medii* de la parte del Septentrion, y por poco mas al medio dia que *Plinio*, y tambien por *Bullialdo*. Las Nubes me impidieron el observar las demàs Phases.

El

El dia 13 de Enero de 1740, tambien en *Quito*, obſervè el que ſe ſigue, con un anteojo de $5\frac{1}{2}$ pies.

| | | Horas de las obſervaciones. |
|---|---|---|
| Saliò de la ſombra | *Menelao* | $6^h\ 42'\ 44''$ |
| | *Dioniſio* | 46 28 |
| | *Plinio* | 47 30 |
| | totalmente *Mare Nectaris* | 55 58 |
| | *Mare Criſium* | 7 01 53 |
| Fin del Eclipſe | | 07 24 |

La ſombra eſtuvo bien terminada, y el Eclipſe finalizò entre *Mare Criſium*, y *Langreno*.

## CAPITULO III.

### *De las Obſervaciones, que ſe me comunicaron, comparadas con las antecedentes, de que reſulta la Longitud de los Lugares.*

YA ſe dixo en el Capitulo primero, que para hallar la Longitud de los Lugares, donde ſe huvieren hecho obſervaciones de Eclipſes, era neceſſario, comparàr èſtas con las miſmas, hechas en otros parages; por cuyo motivo procurè ſolicitar de los inteligentes las que havìan practicado.

*M. Godin* deſpues de ſu arribo à *Cartagena* me comunicò las que ſe ſiguen de los Satelites de Jupiter, que hizo en la Isla de *Santo Domingo* el año 1735.

En la *Caye S. Louis.*

| | | Satelites. | Horas de las obſervaciones. |
|---|---|---|---|
| Julio | 16 | 3 | $12^h\ 24'\ 30''$ |
| | 17 | 2 | 10 53 35 |
| | 20 | 1 | 13 11 $56\frac{1}{2}$ |

| | | | Satel. | Horas de las observaciones. |
|---|---|---|---|---|
| | 22 | En *S. Jorge* una legua y media al Este de la *Caye S. Louis.* | 4 | $7^h\ 22'\ 03\frac{1}{2}''$ |
| | 22 | | 1 | 7 40 28 |

## En el *Petit Goave.*

| | | Satel. | Horas de las observaciones. |
|---|---|---|---|
| Agosto | 11 | 2 | 8 07 16 |
| | 21 | 1 | 9 54 $55\frac{1}{2}$ |
| | 28 | | 11 51 41 |
| | | 3 | 12 27 24 |
| Septiembre | 6 | 1 | 8 19 24 |
| | 10 | 4 | 10 07 22 |
| | 13 | 1 | 10 16 33 |
| | 27 | 4 | 8 21 38 |

Mi regresso de la America, hecho por Francia, me franqueò la ocasion de tratar en *Parìs* à *M. Cassini*, quien me comunicò las observaciones, que se siguen, de los Satelites de Jupiter, que en el Real Observatorio se havìan hecho.

| | | | | Satelites. | Horas de las observaciones. |
|---|---|---|---|---|---|
| 1735 | Julio | 8 | | 1 | $8^h\ 55'\ 26''$ |
| | | 31 | | | 9 06 06 |
| | Agosto | 4 | | 2 | 10 27 19 |
| | | 7 | | 1 | 11 01 53 |
| | | 23 | | | 9 24 15 |
| | | 29 | | 2 | 7 38 00 |
| 1736 | Agosto | 9 | | 1 | 14 17 26 |
| | | 11 | | | 8 45 50 |
| | | 18 | el Cielo no estaba sereno | | 10 42 25 |
| | Sept. | 5 | | 2 | 12 17 42 |
| 1741 | Enero | 27 | el tiempo no estaba claro | 1 | 10 53 21 |
| | Febrero | 26 | el tiempo no estaba muy claro | | 13 02 24 |
| | Marzo | 14 | | | 11 24 22 |

Mar-

| | | | Satelites. | Horas de las observaciones. |
|---|---|---|---|---|
| 1741 | Marzo | 23 | 1 | $7^h$ 51′ 09″ |
| | Abril | 15 | | 8 10 34 |
| | | 22 | | 10 08 30 |

De todos eſtos Eclipſes no hay mas de uno, que ſe haya obſervado en dos Lugares, y es la Emerſion del primer Satelite de Jupiter del dia 21 de Agoſto de 1735.

| | |
|---|---|
| Eſta ſe viò en *Cartagena* à las | $9^h$ 45′ 10″ |
| el *Petit Goave* | 9 54 55½ |
| diferencia de Merid. entre *Cart.* y el *Petit Goave* | 9 45½ |

que equivalen à 2° 26′ 22½″ de Longitud.

Ademàs de eſto, en las *Memorias de la Academia de las Ciencias de Parìs* del año de 1737 ſe halla el Eclipſe de Luna del dia 19 de Septiembre de 1736, obſervado por *M. le Monnier*; en donde ſe encuentran las Phaſes, que ſe ſiguen, correſpondientes à las mias.

| | |
|---|---|
| Principio del Eclipſe en *Yaruquì* | $7^h$ 47′ 19″ |
| en *Parìs* | 13 08 17 |
| Diferencia de Meridian. entre eſtos dos Lug. | 5 20 58 |
| *Ariſtarcho* entrò en ſombra en *Yaruquì* | 7 58 29 |
| en *Parìs* | 13 19 22 |
| Diferencia de Meridianos | 5 20 53 |
| Immerſion total de la Luna en *Yaruquì* | 8 51 32 |
| en *Parìs* | 14 12 46 |
| Diferencia de Meridianos | 5 21 14 |
| Principio de la Emerſion en *Yaruquì* | 10 38 24 |
| en *Parìs* | 16 00 34 |
| Diferencia de Meridianos | 5 22 10 |

Tambien en las *Memorias* de 1736 ſe halla eſte miſmo Eclip-

Eclipſe, obſervado por *M. Grandjean de Fouchy*, y las Phaſes correſpondientes à las mias, que ſe ſiguen.

| | | | |
|---|---|---|---|
| *Galilèo* entrò en ſombra en *Yaruquì* | $7^h$ | $51'$ | $04''$ |
| en *Parìs* | 13 | 11 | 38 |
| Diferencia de Meridianos | 5 | 20 | 34 |
| Principio de *Keplero* en *Yaruquì* | 7 | 56 | 49 |
| en *Parìs* | 13 | 20 | 06 |
| Diferencia de Meridianos | 5 | 23 | 17 |
| *Ariſtarcho* entrò en ſombra en *Yaruquì* | 7 | 58 | 29 |
| en *Parìs* | 13 | 21 | 11 |
| Diferencia de Meridianos | 5 | 22 | 42 |
| Principio de *Mare Criſium* en *Yaruquì* | 8 | 43 | 28 |
| en *Parìs* | 14 | 04 | 35 |
| Diferencia de Meridianos | 5 | 21 | 07 |
| Fin de *Mare Criſium* en *Yaruquì* | 8 | 47 | 37 |
| en *Paris* | 14 | 08 | 27 |
| Diferencia de Meridianos | 5 | 20 | 50 |
| Fin de la total Immerſion en *Yaruquì* | 8 | 51 | 32 |
| en *Parìs* | 14 | 11 | 15 |
| Diferencia de Meridianos | 5 | 19 | 43 |
| Principio de la Emerſion en *Yaruquì* | 10 | 38 | 24 |
| en *Parìs* | 15 | 58 | 44 |
| Diferencia de Meridianos | 5 | 20 | 20 |

Eſtas ſon las unicas obſervaciones correſpondientes, que ſe hallan entre todas las antecedentes: pero ſi por eſta via no podemos concluir la diferencia de Meridianos de los demàs Lugares, nos valdrémos de otra, que no ſe aleja mucho de la primera. Ordinariamente en caſo, que no ſe tengan obſervaciones correſpondientes, ſe uſa de las tablas del primer Satelite de Jupiter, que ſon las mas exactas, para calcular por ellas el tiempo, en que ſucede la Immerſion,

ò Emerſion de eſte Planeta en un Lugar como *Parìs*, *Londres*, ù otro, cuya Longitud ſea baſtantemente conocida, para que comparado con la obſervacion hecha en otro Lugar, ſe concluya ſu diferencia de Meridianos. Eſte methodo ſuele dàr algunas veces haſta 3, y 4. minutos de yerro, procedido, de el que reſulta de las tablas, deſpues de paſſado mucho tiempo, deſde ſus primeras raízes, haſta la hora de la obſervacion: para evitarle pues, no hay mas, que tomar la raìz lo mas proximo, que ſe pudiere de la obſervacion, eſto es, por exemplo, calcular por las tablas la diferencia en tiempo entre las Emerſiones de los dias 29, y 31 de Julio de 1735, la qual aplicada à la obſervacion hecha eſte dia en *Parìs*, ſe tendrà con baſtante exactitud el tiempo en que ſucediò la Emerſion del dia 29 en el propio Lugar; que deſpues ſe puede comparàr con la obſervacion hecha eſte dia en *Cartagena*, para obtener ſu diferencia de Meridianos.

Con eſta regla pues hallarémos las Longitudes de los Lugares como ſe ſigue.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Obſervacion de la Emerſion del 1 Satelite de Jupiter hecha en *Parìs* por *M. Caſſini* en Julio de 1735 | $31^{d}$ | $09^{h}$ | $06'$ | $06''$ |
| Diferencia en tiempo entre las Emerſiones de los dias 29, y 31 del propio mes, calculada por las tablas de *M. Caſsini* | 1 | 18 | 28 | 48 |
| Emerſion en *Parìs* el | 29 | 14 | 37 | 18 |
| En *Cartagena* la obſervamos el | 29 | 9 | 28 | 56 |
| Diferencia de Meridianos entre *Parìs*, y *Cartagena* | | 5 | 08 | 22 |

De la propia ſuerte, continuando el calculo, ſe concluiràn las diferencias, que ſe ſiguen.

Por

| | |
|---|---|
| | Difer. de Meridianos entre *Parìs,yCartag.* |
| Por las Emersiones del 1 Satelite de los dias 29, y 31 de Julio de 1735 | $5^{h}\ 08'\ 22''$ |
| Por las de los dias 7, y 14 de Agosto | $5^{h}\ 10'\ 43''$ |
| 21, y 23 del mismo | 09 56 |
| Por las Emersiones del 2 Satelite de los dias 4, y 18 de Agosto de 1735 | 11 36 |
| Por las de los dias 18, y 29 del mismo | 09 51 |
| | Difer. de Meridianos entre *Parìs*, y *Quito* |
| Por la Immersion del 1 Satelite del dia 8 de Julio, y la Emersion del 9 de Agosto de 1736 | $5^{h}\ 21'\ 25''$ |
| Por la Immersion del 1 Satelite del dia 8 de Julio, y la Emersion del 11 de Ag. | 20 51 |
| Por la Immersion del 2 Satelite del dia 24 de Julio, y la Emersion del 5 de Septiembre de 1736 | 22 34 |
| Por las Emersiones de los dias 18 de Agosto, y 5 de Septiembre | 24 34 |
| | Difer.de Meridian.entre *Parìs*, y *Cayambe* |
| Por las Emersiones del 1 Satelite de los dias 11 de Agosto, y 17 de Septiembre de 1736 | $5^{h}\ 22'\ 23''$ |
| | Difer.de Meridianos entre *Parìs*, y *Lima* |
| Por las Emersiones del 1 Satelite de los dias 27 de Enero, y 3 de Febrero de 1741 | $5^{h}\ 17'\ 10''$ |
| Por las de los dias 26 de Febr.y 5 de Marzo | 52 |
| 5 y 14 de Marzo | 46 |
| 12 y 14 del mismo | 30 |
| 21 y 23 | 16 55 |
| 22 y 29 | 18 20 |
| | Difer.de Meridianos entre *Parìs*,y la *Caye S. Louis.* |
| Por las Emersiones del 1 Satelite de los dias 8, y 20 de Julio de 1735 | $5^{h}\ 02'\ 40''$ |

Por

| | Difer. de Meridianos entre *Parìs*, y la *Caye S.Louis.* |
|---|---|
| Por las de los dias 22, y 31 | $5^h\ 02'\ 11''$ |
| Por las Emersiones del 2 Satelite de los dias 17 de Julio, y 4 de Agosto de 1735 | 03 09 |

| | Difer. de Meridianos entre *Parìs*, y el *Petit Goave.* |
|---|---|
| Por las Emersiones del 1 Satelite de los dias 7, y 21 de Agosto de 1735 | $4^h\ 59'\ 28\frac{1}{2}''$ |
| Por las de los dias 23, y 28 del mismo | 5 00 06 |
| 23 de Ag. y 6 de Sept. | 4 59 11 |

Las diferencias de Meridianos halladas entre *Parìs*, y *Cayambe*, y entre aquella Ciudad, y *Yaruquì* se pueden reducir à *Quito*, hallando la diferencia de Meridianos entre esta Ciudad, y los dos Pueblos antecedentes por el Mapa general de la Meridiana, que se inserta en el Libro VII; y seràn,

| | |
|---|---|
| Diferencia de Merid. entre *Parìs*, y *Cayambe* | $5^h\ 22'\ 23''$ |
| Mas la diferencia entre *Quito*, y *Cayambe* deducida del Mapa | 50 |
| Diferencia de Meridianos entre *Parìs*, y *Quito* | 23 13 |

De la misma suerte las quatro determinaciones de diferencia de Meridianos entre *Parìs*, y *Yaruquì*, concluìdas por el Eclipse, que observò *M. le Monnier*, se reduciràn à *Quito*, agregando 1′ 30″, y quedaràn en

| | | |
|---|---|---|
| 5 | 22 | 28 |
| | | 23 |
| | | 44 |
| | 23 | 40 |

Asimismo las concluìdas por el Eclipse, que observò *M. Grandjean de Fouchy* se reduciràn à

| | | |
|---|---|---|
| 5 | 22 | 04 |
| | 24 | 47 |

 Unien-

$5^h\ 24'\ 12''$
22 37
22 20
21 13
21 50

Uniendo eſtas doce determinaciones con las quatro antecedentes, y tomando un medio arithmético entre todas, tendrémos la diferencia de Meridianos entre *Parìs*, y *Quito* de $5^h\ 22'\ 41''$
que equivalen à $80°\ 40\frac{1}{4}'$ de Longitud.

El medio entre las cinco determinaciones de *Cartagena* dàn la diferencia de Meridianos entre eſta Ciudad, y *Parìs* de 5 10 06
que equivalen à $77°\ 31\frac{1}{2}'$ de Longitud.

El medio entre las ſeis de *Lima* dàn la diferencia de Meridianos entre eſta Ciudad, y la de *Parìs* de 5 17 36
que equivalen à $79°\ 24'$ de Longitud.

El medio entre las tres de la *Caye S. Louis* dàn la diferencia de Meridianos entre eſte Lugar, y *Parìs* de 5 02 40
que equivalen à $75°\ 40'$ de Longitud.

Por ultimo el medio entre las tres del *Petit Goave* dàn la diferencia de Meridianos entre eſte Lugar, y *Parìs* de 4 59 35
que equivalen à $74°\ 53'\ 45''$ de Longitud.

No hallandonos por ahora con obſervacion hecha en *Parìs*, proxima à la que yo hice de la Emerſion del 1 Satelite de Jupiter en el *Guarico*, ò *Cabo Francès* el dia 29 de Julio de 1745, podémos valernos, para determinar la diferencia de Meridianos entre eſte Lugar, y *Parìs*, de la hora,

à

à que las tablas dàn eſta Emerſion en eſta Ciudad, que es à las $14^h$ 48 00″

la obſervacion en el *Guarico* la hice à las 9 55 57

luego diferencia de Meridianos entre el *Guarico*, y *Parìs* 4 52 03

## CAPITULO IV.

### *De la correccion, que ſe debe hacer al medio dia, hallado por las alturas correſpondientes, producida de la mutacion en Declinacion del Sol.*

EN el Capitulo 1 ſe empleò la correcion, que ſe debe hacer al medio dia, hallado por las alturas correſpondientes, producida de la mutacion en Declinacion, que el Sol tiene en el intervalo, que ſe hacen las obſervaciones de la mañana, y tarde; y ſe dexò de explicar, por hacerlo mas ampliamente en eſte lugar: y ſiendo el mejor methodo valerſe de una figura; ſean en la Ortographica proyeccion de la Eſphera ſobre el plano del Meridiano,[a] [a] Fig. 1 Lam. 3

AQXE el Meridiano
HO Horizonte
EQ la Equinoccial
AX el Exe

Y porque el Aſtro en el intervalo, que ſe hicieron las obſervaciones de mañana, y tarde, mudò de Declinacion, debemos ſuponer FMG el paralelo, en que ſe hallaba al tiempo, que ſe hicieron las unas obſervaciones, y LPK el paralelo, en que ſe hallaba al tiempo, que ſe hicieron las otras: y ſiendo RMPS el circulo de altura, ò Almincantarath, donde eſtaba el Aſtro, al tiempo de hacerſe ambas obſervaciones, AMX ſerà el Horario, en que ſe hallaba, al

al tiempo de las primeras, y APX denotarà aquel, en que ſe hallaba, al tiempo de hacerſe las ſegundas: y no ſiendo el tiempo, que gaſtò en ir de un Horario al Meridiano igual, al que gaſtò en ir deſde èſte al otro Horario, tampoco ſerà, el que empleò en ir deſde la altura M al Meridiano, igual, al que empleò en paſſar deſde èſte à la miſma altura P: la diferencia es el valor del angulo MAP, y ſu medida el arco de Equinoccial TV. Para hallarle nos pudieramos ſervir del methodo ordinario de reſolver los dos triangulos eſphéricos AZM, AZP; pero ademàs de ſer largo, y enfadoſo, no nos deſcubre propiedad alguna de eſta correccion, que con facilidad hace la Geometrìa. Sean pues ademàs,

$r$ = CA radio de la Eſphera<br>
$s$ = AD ſeno de la altura de Polo<br>
$c$ = CD ſeno 2 de la miſma<br>
$m$ = CB ſeno de la altura del Aſtro ſobre el Horizonte<br>
$n$ = BR = BS ſeno 2 de la miſma<br>
$x$ = CN ſeno de la Declinacion<br>
$y$ = NG = NF ſeno 2 de la miſma<br>
$u$ = CT ſeno 2 del angulo horario<br>
$z$ = à ſu ſeno 1.<br>
S = à la tangente de la altura de Polo.<br>
X = Declinacion.<br>
Z = del angulo horario.

Los triangulos ſemejantes ADC, CNI dàn, $CI = \frac{rx}{s}$, y $NI = \frac{cx}{s}$; por lo que $BI = BC\,(m) - CI\,\left(\frac{rx}{s}\right) = \frac{ms - rx}{s}$.

Los

Los triangulos ſemejantes ADC, MBI dàn tambien $c : r = \frac{ms - rx}{s} : \text{IM} = \frac{rms - rrx}{cs}$; por lo que NI $\left(\frac{cx}{s}\right)$ + IM $\left(\frac{rms - rrx}{cs}\right) = \text{NM} = \frac{ccx + rms - rrx}{cs} = \frac{rm - sx}{c}$. Pero tambien es $\text{NM} = \frac{yu}{r}$: luego $\frac{rm - sx}{c} = \frac{yu}{r}$; ò $rrm - rsx = cyu$.

Suponiendo ahora la Declinacion, y el angulo horario variables, y las demàs cantidades conſtantes; y tomando la diferencia de la Equacion antecedente, tendrèmos $-rsdx = cydu + cudy$; ò $rsydy - cuxdy = cyxdu$.

Sean ademàs de eſto el arco de la Declinacion QG = D, y el arco, cuyo ſeno es CT ($u$) = E; y tomando GK por una diferencia infinitamente pequeña, ſerà eſtà = $d$D; y la diferencia de los arcos CT, CV = $d$E; con lo qual tendrèmos $r : x = d\text{D} : dy = \frac{xd\text{D}}{t}$; y tambien $r : z = d\text{E} : du = \frac{zd\text{E}}{r}$. Poniendo eſtos valores en la Equacion antecedente tendrèmos . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

$(rsy) \cdot \left(\frac{xd\text{D}}{r}\right) - (cux) \cdot \left(\frac{xd\text{D}}{r}\right) = (cyx) \cdot \left(\frac{zd\text{E}}{r}\right)$; ò . . . . .

$d\text{E} = \left(\frac{rs}{cz} - \frac{ux}{yz}\right) d\text{D} = \left(\frac{\text{S}}{z} - \frac{\text{X}}{\text{Z}}\right) d\text{D}$; que es la formula, que dà *M. de Maupertuis* en ſu *Aſtronomìa Nautica*, y el valor del arco, medida del angulo MAP; cuya mitad, reducida à tiempo, debe ſer añadida, ò ſubſtraìda del medio dia, hallado por las alturas correſpondientes, para obtener el verdadero.

Quan-

Quando $x$ es negativa, esto es, quando declina el Astro àcia el Polo X, es necessario mudar el signo à la cantidad $\frac{ux}{yz}$, igualmente que à $\frac{X}{Z}$.

Esta correccion se vè claramente ser nula, quando es $dD = 0$; que sucede, si es el Sol el Astro, que se observa, quando se halla èste en los Trópicos, por no tener en este caso movimiento en Declinacion. Pero tambien lo serà, quando $\frac{rs}{c} - \frac{ux}{y} = 0$, ò $S - \frac{Xu}{r} = 0$; que se reduce à $r : u = X : S$; y como es preciso, que sea $r > u$, tambien serà preciso, para que la correccion sea nula, que sea $X > S$: luego esto no pudo suceder en las observaciones solares mas que en los Lugares, que estàn entre los Trópicos, quando el Sol se halle entre el Zenith del Lugar, y su Polo elevado.

La proporcion $r : u = X : S$ tambien muestra, que el ser esta correccion nula en qualquier Lugar, no solo depende de la Declinacion, sino tambien del angulo horario.

Para hallar pues el tiempo, en que lo serà, suponiendo el circulo horario ATX [a] dado, se levantarà TY perpendicular à CT, è igual à la tangente de la altura de Polo; y tirando CYG, y por G el paralelo GF, èste cortarà el horario en M, donde debe hallarse el Astro, para que la correccion sea nula.

[a] Fig. 2

Si se quieren hallar para una Latitud dada todos los puntos M, nos valdrèmos de la igualacion $rS = uX$; ò $rS = \frac{urx}{y}$; y como por la essencia del circulo tengamos $y =$

(rr—

$(rr—xx)^{\frac{1}{2}}$, èsta se reducirà à $rS.(rr—xx)^{\frac{1}{2}} = rux$; ò $S^2r^2 = S^2x^2 + u^2x^2$; que es la Equacion de la curva ABMD, cuyos Abscisses $u$ se han de tomar sobre CQ, y las Ordenadas $x$ paralelas à CA: en la qual siempre que se hicieren observaciones, estando el Astro en ella, la correccion serà nula; aditiva, quando se apartasse; y substractiva, quando se aproximasse.

Es de notar, que la curva tiene dos ramas semejantes, ABD si se toman las $u$ positivas, y ALI si se toman negativas; siendo la mayor de sus Ordenadas la CA: y asimismo, que se acerca infinitamente à su coordenada CQ, quando la $u$ es infinita; aunque en el caso presente, no nos sirve tomarla mas que hasta D, respeto de no poder ser mayor que CQ ($r$).

Quando la latitud es nula, la curva se confunde con la linea CQ, y por consiguiente es una linea recta; porque la equacion es entonces $o = u^2x^2$, y serà siempre la Ordenada $x = o$.

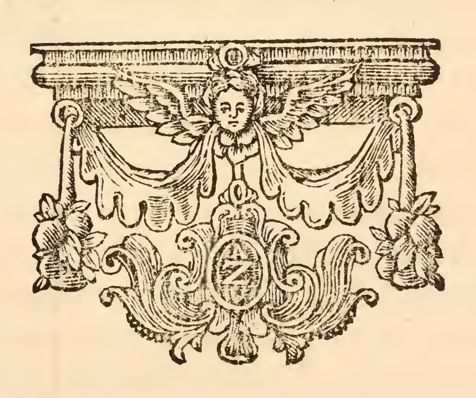
Quando la Latitud es de 90°, la curva se confunde con la tangente AK, y ès tambien una linea recta; porque en este caso es $S = \infty$, y la equacion se reduce à $x = r$.

Como todo esto no es facil de entender por los poco versados en la Geometrìa, aclararémos el calculo con un exemplo, que serà el de hallar la correccion supuesta en el primer Capitulo de $2\frac{2}{3}''$, de que nos servimos, para corregir las alturas correspondientes, tomadas en *Lima* el dia 6 de Marzo de 1741.

La formula mas facil para ello es $dE = \left(\frac{S}{z} - \frac{X}{Z}\right)dD$, en la qual S serà la tangente de 12° 02′ 40″ Latitud de *Lima*;

*ma*; Z la tangente del angulo horario $52^\circ\ 30'$, que equivalen à $3^h\ 30'$, mitad del intervalo, que huvo entre las obſervaciones de la mañana, y tarde; $z$ el ſeno del miſmo angulo horario de $52^\circ\ 30'$; y X la tangente de la Declinacion $5^\circ\ 24'$, que tenía con corta diferencia el Sol en la ocaſion; ſiendo $dD = 408''$, que tuvo de mutacion en Declinacion en las ſiete horas, que ſe paſſaron de unas obſervaciones à otras. Con eſto, valiendoſe de las tablas Logarithmicas, ſe hallarà, que la primera cantidad... $\frac{S}{z}dD = \left(\frac{\text{tan.}\ 12^\circ\ 02'40''}{\text{ſen.}\ 52^\circ\ 30'}\right).408'' = 109''.6$; y la ſegunda $\frac{X}{Z}dD = \left(\frac{\text{tan.}\ 5^\circ\ 24'}{\text{tan.}\ 52^\circ\ 30'}\right).408'' = 29''.6$; la qual reſtada de la primera quedan $80''$; cuya mitad $40''$ convertidos en tiempo hacen $2\frac{2}{3}''$, que es la correccion, que ſe ſupuſo.

(§)



LI-



SELENOGRAPHIA DE LA LUNA.
1 Grimaldi.
2 Galileo.
3 Aristarcho.
4 Keplero.
5 Gassendo.
6 Schikardo.
7 Harpalo.
8 Heraclides.
9 Lansbergio.
10 Reinholdo.
11 Copernico.
12 Helicon.
13 Capuano.
14 Bullialdo.
15 Eratosthenes.
16 Timochares.
17 Platon.
18 Archimedes.
19 Jnsula sinus medii.
20 Pitato.
21 Tycho.
22 Eudoxo.
23 Aristoteles.
24 Manilio.
25 Menelao.
26 Hermes.
27 Possidonio.
28 Dionissio.
29 Plinio.
30. Cathalina. Cirillo. Theophilo.
31 Fracastorio.
32 Promontorio agudo.
33 Messahala.
34. Promontorio del sueño.
35 Proclo.
36 Cleomedes.
37. Snellio y Furnerio.
38 Petavio.
39 Langreno.
40. Taruntio.
41 Ptolomeo.
A Mare Humorum.
B. Mare Nubium.
C. Mare Imbrium.
D. Mare Nectaris.
E. Mare Tranquilitatis.
F Mare Serenitatis.
G. Mare Fecunditatis.
H Mare Crisium.
Pagina 88.
Joanes à Moreno sculpsit Matriti an. 1748.

# LIBRO IV.

## Sobre la dilatacion, y compreſsion de los Metales.

DEſde que notaron los Phiſicos la dilatacion, y compreſion de los Metales, procuraron algunos darnos luz, y medida de ſus variaciones, para conſeguir la juſtificacion, que ſe requiere en las experiencias, y obſervaciones en que uſamos de ellos; de las quales ſe nos encargaron algunas en nueſtro Viage à el *Perù*: y como en todo aquello, que conduce à la preciſion, y acierto de las obras, procuramos no omitir la menor diligencia, que llegaſſe à nueſtro conocimiento, ſe tuvo muy preſente eſta experiencia tan eſſencial, pues media linea de mas, ò menos longitud en la *Toeſa*, que ſirve de medida fundamental, produce un yerro de 33 toeſas en cada grado de la Meridiana, que era el principal fin de nueſtro deſtino.

La diferencia en longitud de los Pendulos, que vibran en igual tiempo en *Parìs*, y ſobre el Equador, la qual conſpira tambien à fundar la figura de la tierra Lata, no es mas de $1\frac{1}{4}$ lineas, por las obſervaciones, que *M. Richer* hizo en la Isla de la Ceyenna; por lo que, ſi la dilatacion, y compreſsion de los Metales dàn alteraciones iguales en las medidas, de que nos ſervimos, para examinar dichos Pendulos, no ſe pudiera concluir obſervacion exacta ſin ſu conocimiento: conſideraciones, que nos obligaron à ſolicitar las mas exactas experiencias ſobre eſte particular.

 En

En la *Historia de la Academia de Ciencias de Parìs* en el año 1670 se dice, que *M. Picard* observò, que el frio comprimía las Piedras, y Metales de suerte, que en la longitud de un piè dichos cuerpos perdían un quarto de linea.

En la misma *Historia* en el año 1688 se halla tambien, que *M. de la Hire* observò, que una *Toesa* de hierro de 8 lineas de gruesso en quadro aumentò su longitud en el Estìo, de la que tuvo en Imbierno, quando helaba, $\frac{2}{3}$ de linea.

*M. Newton* en su Obra *Philosophiæ naturalis principia Mathematica*, despues de haver notado las dos observaciones referidas, dice, [a] *Virga ferrea, pedes tres longa, tempore hyberno in Angliâ brevior est, quàm tempore æstivo, sextâ parte lineæ unius, quantum sentio.*

[a] Libro 3. prop. 19. pag. 422.

Todas estas observaciones solo concluyen, que los Metales varìan de Longitud, segun los distintos temperamentos: pues *M. Picard* solo dice, que se comprimieron, sin asignar el grado de frialdad: y *M.M. de la Hire*, y *Newton* solo, que del Imbierno al Verano tuvieron las diferencias referidas sobre cierta longitud de hierro, pero nos dexan, sin saber, què frio, y calor se experimentò, que es lo que es necessario conocer, para reducir las medidas, segun los grados de calor, que asignare el Thermometro en cada temple, à un mismo temperamento.

*M. Desaguliers* en su Philosophìa experimental trae tambien distintas observaciones, hechas con el Instrumento de la invencion de *M. Muschenbrock*; y lo que solo se concluye de ellas, es la relacion de la dilatacion de los Metales, pero no la medida absoluta de cada uno, en un grado de temperamento conocido, que parece es el punto deseado.

Otros

Otros Instrumentos, y observaciones de igual caracter, se han hecho, pero todos con el mismo defecto; de suerte, que el unico de quien se tuvo noticia, haver hecho experiencias del thenor deseado, fuè *M. de Mairan*, que en el Appendix à su Memoria sobre la longitud del Pendulo de segundos en *Parìs*, dice, que 15, ò 20 grados mas de calor, con que el Sol hacìa subir el Thermometro, [a] hicieron siempre alargar sensiblemente una vara de hierro, que estaba expuesta à sus rayos, de $\frac{1}{30}$, ò $\frac{1}{22}$ de linea, por cada 3 pies, y $8\frac{1}{2}$ lineas de largo.

De esta variacion nos huvieramos servido, si *M. Godin* no huviera experimentado otra muy distinta, por varias operaciones, que hizo en *Parìs*, y en *Santo Domingo*; pero juzgando, que estas no eran tampoco de la precision, que deseaba, se hallò obligado à repetir las observaciones: y como en todo el curso de nuestra obra, tanto de la medida de la Meridiana, como de las demàs experiencias, trabajamos siempre unanimes, me comunicò su idèa, para que ambos nos ocupassemos en ella, y se verificasse su exactitud.

Empleamos pues, para las observaciones las materias, que se siguen.

1. La *Toesa* de hierro pulido de 8 lineas de ancho, y $3\frac{1}{}$ de gruesso, la qual nos sirviò de medida fundamental para la de la Meridiana.

Una

a El Thermometro, de que habla *M. de Mairan*, igualmente, que aquel de que nos servimos en todas nuestras experiencias, es el construìdo segun los principios de *M. de Reaumur*, que se reducen, à que el volumen del Licor condensado por la frialdad de la congelacion del Agua, ò de la Nieve es de 1000 partes, ò medidas; y el volumen del mismo Licor dilatado por el calor del Agua hirbiendo es de 1080 de las mismas partes; cada una de las quales es precisamente igual à un grado de la division del tubo.

2. Una media *Toesa* de azero de mediana qualidad, de 6 lineas de ancho, y tres de gruesso.

3. Una media *Toesa* de cobre batido de ocho lineas de ancho, y 3 de gruesso.

4. Una plancha de laton forjado, y pulido, sobre la qual marcamos media toesa: tenìa 4 pulgadas de ancho, y media linea de gruesso.

5. Una media *Toesa* de laton fundido, batida, y pulida, de 6 lineas de ancho, y 2 de gruesso.

6. Un tubo de vidrio de 35 pulgadas, 2 lineas de diametro exterior, y 1 de diametro interior.

7. Un Pilar de piedra sillar, que era del Patio de una Casa.

### I. Experiencia.

El dia 31 de Abril de 1740, en *Quito* à las $9^h 45'$ de la mañana, designando el Thermometro de *M. de Reaumur* à la sombra $1013\frac{1}{2}$, marcò *M. Godin* por dos puntos fixos una longitud de 36 pulgadas 8 lineas sobre la media *Toesa* de azero, y sobre la de cobre: y haviendo dexado el Compàs de dicha longitud à la sombra, como tambien otro de una toesa, tomada sobre la de arriba citada, expuso à el Sol èsta con las dos medias *Toesas*, y el Thermometro.

A medio dia, haviendose mantenido el tiempo bueno sin Nubes, ni Viento, y marcando el Thermometro $1029\frac{1}{3}$, comparò las longitudes de las reglas con las de los Compases; y hallò la *Toesa* alargada 100 partes del Micrometro del Compàs, de las quales $234\frac{2}{3}$ valen una linea; la media *Toesa* de azero alargada 46 de las mismas partes; y la media *Toesa* de cobre alargada 82; lo que reducido à centavos de linea, como harè siempre, tendrémos,

La

| | | |
|---|---|---|
| La *Toesa* de hierro alargada | $42\frac{2}{3}$ | por 16 grados del Thermom. |
| media Toesa de azero | $19\frac{2}{3}$ | |
| cobre | 35 | |

II.

Dia 1 de Mayo à las 10$^{h}$ 15$'$ de la mañana, marcando el Thermometro $1014\frac{1}{4}$, tomè con el Compàs la longitud de la *Toesa*; y haviendolo dexado à la sombra, expuse al Sol la *Toesa*, y el Thermometro.

A las 11$^{h}$ marcando el Thermometro 1026, hallè la *Toesa* de hierro alargada 26 partes por $11\frac{4}{5}$ grados del Thermometro.

En el tiempo, que durò la experiencia, se interpusieron algunas Nubes, que no permitieron ciertamente, que la *Toesa* tomasse toda su extension; lo que quizàs no sucederìa al Thermometro, por ser èste mas sensible.

III.

Dia 4 de mayo à las 9$^{h}$ 20$'$ de la mañana, marcando el Thermometro $1013\frac{1}{2}$, tomè con un Compàs la longitud de la *Toesa*; y con otro marquè 36 pulgadas 8 lineas sobre la media *Toesa* de azero, sobre la de cobre, y sobre la plancha de laton: y haviendo dexado los Compases à la sombra, expuse à el Sol las barras con el Thermometro; solo la plancha de laton no la expuse hasta las 10$^{h}$ 20$'$, à cuyo tiempo el Thermometro estaba en todo su alto $1035\frac{1}{2}$, en donde se mantuvo toda la hora restante.

A las 11$^{h}$ 20$'$ marcando el Thermometro $1035\frac{1}{2}$, y haviendose mantenido el tiempo sin Nubes, ni Viento, hallè,

| | | |
|---|---|---|
| La *Toesa* de hierro alargada | $58\frac{1}{3}$ | por 22 grados del Thermom. |
| media *Toesa* de azero | $29\frac{1}{4}$ | |
| cobre | $37\frac{1}{2}$ | |
| La plancha de laton de media toesa | 35 | |

IV.

IV.

Dia 1 de Junio à las $8^h$ $30'$ de la mañana, eſtando el Thermometro en 1012, marcò *M. Godin* con un Compàs 35 pulgadas ſobre el tubo de vidrio, ſobre la media *Toeſa* de azero, y ſobre la de laton (n. 5); y haviendo dexado el Compàs à la ſombra, expuſo à el Sol las barras con el Thermometro.

A las $10^h$ $50'$, marcando el Thermometro 1029, y haviendoſe mantenido el tiempo con poco Viento, y ſin Nubes, hallò,

| | | |
|---|---|---|
| El tubo de vidrio alargado | $5\frac{1}{6}$ | por 17 grados del Thermom. |
| La media *Toeſa* de azero | $19\frac{1}{3}$ | |
| laton | $34\frac{2}{3}$ | |

V.

El dia 5 de Mayo à las $2^h$ $15'$ de la tarde, marcando el Thermometro 1014, tomamos *M. Godin*, y yo con un Compàs la longitud de la *Toeſa*, y con otro marcamos 36 pulgadas 8 lineas ſobre la media *Toeſa* de azero, y ſobre la plancha de laton; y haviendo dexado los Compaſes à la ſombra, puſimos las barras, y el Thermometro dentro de una Arteſa llena de Nieve, endurecida, ò helada, de la que llevan del Cerro proximo de *Pichincha* diariamente à *Quito*; poniendo en el fondo de la Arteſa, primero una capa de paja, y encima otra, que cubrìa la Nieve, y èſta las barras con mas de 8 pulgadas: ſolo lo alto del Thermometro eſtaba de fuera, por no poderſe cubrir, à cauſa de no tener la Arteſa ſuficiente profundidad.

A las $5^h$ $15'$ ſacamos los Metales de la Arteſa, rompiendo la Nieve, que ſe havia unido, y endurecido como el hielo. El Thermometro marcò 995, pero juzgamos, que

que huviera marcado 994, si huviera estado todo cubierto de Nieve. Los Metales se havian enfriado de tal suerte, que no se podian sufrir en la mano: los echamos encima algunas gotas de agua caliente, y al punto se quedaban heladas. Hallamos,

| | | |
|---|---|---|
| La *Toesa* comprimida | $19\frac{2}{3}$ | por 20 grados del Thermometro. |
| media *Toesa* de azero | $13\frac{2}{3}$ | |
| cobre | 18 | |
| La plancha de laton de med. Toesa | 21 | |

Volvimos à las $5^h\ 30'$ de la tarde à poner la *Toesa* dentro de la Artesa, y el Thermometro, con las mismas precauciones, con sola la diferencia, que el Thermometro quedò cerrado en su caxa; en cuya disposicion se mantuvo todo, hasta la una de la tarde del dia siguiente.

El Thermometro marcò siempre 1000, y la Toesa la hallamos en la misma longitud: esto es, haviendo perdido solo los $19\frac{2}{3}$ del dia antecedente. Discurrimos, que si el Thermometro se huviera puesto abierto, como mas inmediato à la Nieve huviera baxado algo mas.

VI.

El dia 7 de Enero de 1744 à las $9^h\ 3'$ de la mañana, señalando el Thermometro 1014, marquè con un Compàs 30 pulgadas sobre el tubo de vidrio, y sobre uno de los Pilares del Patio, que mantienen la Casa, donde vivìa, y tiene de diametro 14 pulgadas, siendo de una piedra bien dura: y haviendo dexado el Compàs à la sombra, expusè al Sol el tubo de vidrio, y el Thermometro, al mismo tiempo, que empezò à dàr en el Pilar.

A las $11^h\ 15'$ marcando el Thermometro 1042, y haviendose mantenido el tiempo sin Nubes, ni Viento hallè,

El

| | | |
|---|---|---|
| El tubo de vidrio alargado | $8\frac{1}{2}$ | por 28 grados del Thermometro. |
| Pilar de la Casa | $4\frac{2}{3}$ | |

El Pilar por la parte, donde el Sol daba, estaba caliente, pero por la opuesta lo juzguè casi tan frio, como al principio de la experiencia; por lo que parece evidente, que si se huviera calentado igualmente, hiviera tomado una extension mucho mayor.

## Reduccion de las experiencias precedentes à una variacion de 10 grados en el Thermometro.

I.

| | Centabos de linea. | |
|---|---|---|
| La *Toesa* de hierro | $26\frac{2}{3}$ | Efectos del mayor Calor ò dilatacion. |
| media *Toesa* de azero | $12\frac{1}{3}$ | |
| cobre | 22 | |

II.

| | |
|---|---|
| La *Toesa* de hierro | 22 |

III.

| | |
|---|---|
| La *Toesa* de hierro | $26\frac{1}{2}$ |
| media *Toesa* de azero | $13\frac{1}{2}$ |
| cobre | 17 |
| en plancha de lat. | 16 |

IV.

| | |
|---|---|
| El tubo de vidrio de 35 pulg. | 3 |
| La media *Toesa* de azero | $11\frac{1}{3}$ |
| laton | $20\frac{1}{2}$ |

VI.

| | |
|---|---|
| El tubo de vidrio de 30 pulg. | 3 |
| Pilar de la Casa | $1\frac{2}{3}$ |

V.

VI.

| | | |
|---|---|---|
| La *Toeſa* de hierro | 10 | Efectos del menor Calor, |
| media *Toeſa* de azero | 7 | ò compreſsion. |
| cobre | 9 | |
| en plancha de laton | $10\frac{1}{2}$ | |

En la tercera experiencia ſe notò, que la media *Toeſa* de laton en plancha ſe puſo al Sol una hora deſpues que las demàs, que eſtuvieron dos, à cuyo tiempo el Thermometro eſtaba en todo ſu alto de $1035\frac{1}{2}$, en el que ſe mantuvo toda la hora reſtante: luego ſi el Sol hizo ſubir el Thermometro à dicha altura en la primera hora, con el grado de Calor $1035\frac{1}{2}$, en la ſegunda ſi ſe huvieſſe expueſto otro Thermometro con la plancha de laton, huviera ſubido con el miſmo grado de Calor (pues ſe mantuvo el Sol ſin aumentarle) tambien à $1035\frac{1}{2}$; y aſsì los 16 aſignados de la plancha de laton, correſponden igualmente à los $1035\frac{1}{2}$ del Thermometro: ſin embargo, como la plancha ſe expuſo al Sol una hora deſpues, que los demàs Metales, hay lugar de creer, que no tomò toda la extenſion, que huviera tenido, à haverſe expueſto deſde el primer inſtante; pero juzgo, que no huviera tomado dupla extenſion, ſi huviera eſtado duplo tiempo al Sol; porque teniendo los Metales ſu limite de extenſion, à cada grado limitado de Calor, del qual no excederàn, aunque eſtèn expueſtos à èſte mucho mas tiempo, que el neceſſario para que adquieran el limite, no pueden dexar de extenderſe con menos fuerza, al principio de ſu extenſion, que al fin: ſegun eſto la extenſion de la media *Toeſa* de laton en plancha, ſerà mayor que 16, y menor que 32; puedeſe tomar por no ir muy lexos de la verdad el medio 24.

La ſegunda experiencia es claro ſer defectuoſa, à cauſa de las Nubes, que interrumpieron la obſervacion.

En la primera, tercera, y quarta experiencia convienen muy bien las variaciones del hierro; lo que concluye, que los Metales varìan proporcionalmente à los grados de Calor del Thermometro, ò à lo menos entre los experimentados: pues de lo contrario la primera, y tercera experiencia debìan dàr cantidades diſtintas; en cuya ſupoſicion las aſignadas para cada 10 grados ſon ciertas; y tomando un medio, ſe puede decir, que deſde el grado medio del Thermometro 1013, haſta el grado de mas Calor, que indicare ſubiendo el licor del Thermometro, las barras de las dimenſiones, y circunſtancias enunciadas, ſe dilatan lo que expreſſa la tabla, que ſe ſigue, por cada 10 grados.

| | |
|---|---|
| La *Toeſa* de hiero | $26\frac{1}{2}$ |
| mitad de ella | $13\frac{1}{4}$ |
| media *Toeſa* de azero | $12\frac{1}{3}$ |
| de cobre | $19\frac{1}{2}$ |
| en plancha de laton | 24 |
| en barra de laton | 20 |
| de vidrio | $3\frac{1}{4}$ |
| de piedra ſillar | 2 |

La experiencia quinta no conviene con las otras; por cuyo motivo parece, que las variaciones, contra lo que diximos antecedentemente, no deben ſer proporcionales à los grados de Calor, y Frio del Thermometro: pero lo mas veriſimil es, que los Metales tienen mas facilidad en dilatarſe, que en comprimirſe; y aſsi no ſe debe confundir lo uno con lo otro, tomando un medio entre las experiencias hechas de dilatacion, y compreſsion; ſino aſignar un termino medio tal como 1013, ò 1012 en el Thermome-

metro de *M. de Reaumur*, y eſtablecer una tabla, como la precedente para las dilataciones, ò aumentos de Calor deſde dicho termino; y otra como la de la experiencia quinta, para las compreſsiones, ò diminuciones de Calor, que es lo miſmo, que aumentacion de Frio.

Es preciſo notar, que en experiencias ſemejantes, los Metales ſe deben dilatar, ò comprimir ſegun ſus grueſſos, pues la barra mas corpulenta neceſsita mas tiempo, para que ſea penetrada del efecto del Frio, ò Calor, que la delgada, ò dèbil; cuya conſideracion me hace reflexionar, que la piedra ſe debe dilatar mucho mas de lo expueſto en la tabla; pues à el Pilar, en que ſe hizo la experiencia, no pudo penetrarle el Sol arriba de una, ò dos pulgadas en el corto tiempo, en que eſtuvo expueſto à ſus rayos: y es muy veriſimil, que las particulas internas, y frias de la Piedra, ò Metal impidan à las externas el tomar toda ſu extenſion.

Pudieran eſtas experiencias extenderſe mucho mas, empleando Metales, y otras materias de varias eſpecies, en barras de las miſmas dimenſiones, y deſpues en otras de grueſſo duplo, triplo, &c. de las primeras: y aſsimiſmo examinando otras mas, ò menos batidas, y ſólidas; pues en ambos caſos ſe hallarà ciertamente diferencia: lo que quedarà à la inveſtigacion curioſa de alguno, que quiera aplicarſe à ſu eſpeculacion, teniendo lo ſuficiente noſotros con las experiencias antecedentemente expreſſadas, pues no pretendiamos mas que ſaber las variaciones de la *Toeſa*, con que executamos las obſervaciones, para reducir las medidas à un temperamento aſignado.

Parece, que es el vidrio el menos ſenſible en eſta variacion; por cuyo motivo fuera bueno ſervirſe de èl para

los Fieles, ò medidas principales, pues con eſſo ſe conſeguirà la mayor juſtificacion; eſto ſe entiende en las medidas, que no piden tanta exactitud, como las nueſtras; pues en las de eſte genero ſiempre serà preciſo, quando ſe vaya à ſacar un tanto del Fiel, llevar el Thermometro, para notar el grado de Calor, que aſignare; como lo hizo *M. Godin* en Parìs, quando marcò la *Toeſa* de que nos ſervimos, à cuyo tiempo eſtuvo el Thermometro de *M. de Reaumur* à 1013, que es nueſtro grado medio, que antes citamos, y al que reducirémos las medidas, para que convengan con la *Toeſa* del *Chaſtelet de Parìs*, que es la que eſtà expueſta al publico.

Las atenciones, y reparos, que hemos anotado, ſolo fueran utiles à los que ſe valen de la Toeſa de *Parìs* en ſus medidas, y eſſo haviendo tenido de antemano al ſacarla la miſma precaucion, que *M. Godin* al ſacar la ſuya dicha de la del *Chaſtelet* antecedentemente citada; de lo qual ſe encontrarà poco, y mucho menos en nueſtros Reynos, donde eſtas delicadezas han parecido haſta el preſente exceſsivas: por eſte motivo antes de mi ſalida de *Quito* procurè traer con migo un tanto de la *Toeſa* de *M. Godin*, que nos ſirviò en todas nueſtras medidas, ſacandola ſobre una barra de hierro, y poniendole por terminos dos puntos muy delicados, en tiempo que el Thermometro ſeñalaba 1013. Ademàs de eſto à mi llegada à eſta Corte comparè mi *Toeſa* con la Vara, que el Conſejo Real de Caſtilla entrega al *Fiel Almotacen*, que ſe reduce à una barra de hierro, terminada por dos dientes, que ſe levantan ſobre ella perpendicularmente, los quales contienen la Vara de Caſtilla, de que nos ſervimos diariamente: hice eſte examen tambien al tiempo, que el Ther-

Thermometro ſeñalaba 1013; y hallè, que dicha Vara contenìa 30 pulgadas, y 11 lineas de mi *Toeſa*: de donde ſe concluye, que el *Piè de Rey de Parìs* ſexta parte de la *Toeſa* es à la Vara de Caſtilla como 144 à 371; cuya proporcion nos puede ſervir para reducir las medidas, que hicimos con la *Toeſa* à Varas Caſtellanas; y para que, conſervando una Vara bien terminada, podamos valernos de ella, como de la *Toeſa* en Francia.



LI-

# LIBRO V.

## De las Experiencias del Barometro ſimple, de las quales ſe deduce la ley de la dilatacion del Ayre, y el methodo de hallar la altura de los Montes.

### CAPITULO I.

*De las Experiencias hechas en el diſcurſo del Viage.*

ENtre las varias obſervaciones, y experiencias phiſicas, que ſe premeditaron hacer, no fueron las de menor importancia las del Barometro ſimple, ò de otra ſuerte llamado el *Tubo de Toricelli*, por haver ſido eſte Philoſopho, quien le perficionò el año 1643, con las noticias, que yà tenía de ſu Maeſtro *Galilèo.* Reduſe eſte Inſtrumento [a] à un Tubo de vidrio de dos à tres lineas de diametro exterior, y una à dos de interior, con 30 à 36 pulgadas del piè de *Parìs* de largo, tapado, ò ſoldado por el un extremo, y abierto por el otro: el qual ha ſervido para darnos luz de la famoſa, y primera propiedad del Ayre, que es el ſer peſado; pues llenando el Tubo de Mercurio, ò Azogue, y tapando con el dedo el extremo abierto, ſi ſe ſumerge èſte en un Vaſo, ò Taza, que tambien eſtè llena del Mercurio miſmo, no ſe vacìa el del Tubo totalmente; antes bien, queda elevado ſobre el nivèl del Vaſo à 28, ò menos pulgadas: cuyo efecto, han atribuìdo muy razonable-

[a] Fig. 3 Lam. 3

blemente los Phiſicos à la gravedad del Ayre, que peſando ſobre el Mercurio de la Taza, equipondera, al que eſtà elevado en el Tubo. No me detendrè en defender eſta opinion, pues eſtando demonſtrada la gravedad del Ayre mas ſolidamente por otras experiencias [a] no parece, que havrà dificultad en admitirla, como lo han hecho todos los Philoſophos modernos, que quieren darſe à la razon.

La altura pues del Mercurio en el Barometro debe ſer proporcional à la gravedad, ò preſion, que actùa ſobre el Mercurio de la Taza la coluna de Ayre, que del grueſſo de èſta, y ſobre ella, ſe eleva haſta lo mas alto de la Atmoſphera: y ſiendo eſta preſion igual à la fuerza, con que en virtud de ſu elaſticidad intenta dilatarſe el Ayre, que circunda la Taza, à cauſa de que por la tercera ley de movimiento la accion, y reaccion deben ſer iguales; la altura del Mercurio en el Barometro debe ſer aſsimiſmo proporcional à la fuerza, con que por ſu elaſticidad intenta dilatarſe el Ayre, que circunda la Taza.

De aquì ſe ſigue, que las alturas del Mercurio en el Barometro ſeràn mayores en las profundidades, y valles, que en las eminencias, ò montes, à cauſa, que en las primeras es mayor la coluna de Ayre, que gravita ſobre la Taza, que en las ſegundas: y que dichas alturas del Mercurio deben guardar cierta relacion con las alturas de los parages donde ſe hicieren las experiencias: y aſsi èſtas nos pueden dàr à conocer aquèllas; ò por el contrario, las alturas del Mercurio en el Barometro nos pueden dàr à conocer las alturas de los parages, donde ſe hicieren las experiencias.

Tam-

a *Memorias de la Academia de las Ciencias de Parìs* año 1687. *Leçons de Phiſique experimentale* del Abate *Nollet*, tomo 3, pag. 188. *Philoſophicas Tranſacciones*, ò *Memorias de la Real Academia de Londres.* Num. 305.

Tambien se sigue, que las mismas alturas del Mercurio se deben alterar por la mayor, ò menor elasticidad del Ayre: y aumentando èsta por el mayor, ò menor grado de calor, que reyna en la Atmosphera, segun se ha probado por repetidas experiencias, se sigue, que en un mismo parage debe variar la altura del Mercurio en el Barometro, segun variare el grado de calor, ò frio.

Otros varios accidentes alteran del mismo modo la altura del Mercurio en el Barometro, en un mismo lugar; como son las materias distintas heterogeneas, que se esparcen por la Atmosphera, y alteran, segun su mayor, ò menor porcion, su gravedad; los distintos Vientos, que reynan; las varias calidades de Mercurio; y el estàr èste mas, ò menos purgado; todo lo qual se explica ampliamente en varios Authores, donde se podrà vèr, pues aquì nos es suficiente advertir, y dàr à entender, que tuvimos presentes las calidades, que deben tener las observaciones, y las alteraciones, que pueden sobrevenirles, para que con esso pueda juzgar el Lector de la exactitud de nuestras experiencias.

Estas se emprendieron, por el examen de dos curiosidades, que agitaban à muchos de los Philosophos, y para cuya decision pocas veces havrà la comodidad, que lograbamos nosotros, por la estancia en aquellos Países: era la primera, si el Mercurio se mantenía en la Zona Torrida à el nivèl del Mar mas baxo, que en los Países del Norte, como lo creìan muchos Phisicos: y la segunda, si las diferencias de alturas de dicho Mercurio, que en un mismo parage se experimentan, y proceden de las causas, que se dieron antecedentemente, eran allì menores, que en Europa: pues de lo primero se deduxera, que la Atmosphera serìa menos grave en la Zona Torrida, que en la Templada: y de

lo

lo ſegundo, que ſus diferencias, ò alteraciones en peſo ſerìan menos ſenſibles en aquella Zona, que en èſta.

Antes de ſu llegada à la *Martinica*, intentò *M. Godin*, hacer dichas experiencias en el Mar, abordo del Navio en que paſsò de Europa à la America: pero ſea por la poca comodidad, que ſe tiene en la Navegacion, ò por el movimiento continuo del Navio, no le ſalieron las experiencias juſtificadas.

En ſus eſtaciones en la *Martinica*, y *Santo Domingo*, executò algunas en la *Montaña pelada*, y en el *Petit-Goave*; cuyas obſervaciones me comunicò: y à ſu llegada à *Cartagena* tratamos de hacer lo propio en el *Cerro de la Popa*; pero el Mercurio, que nos diò el *Factor* Inglès para ello, no eſtaba bien purgado, y aſsi hizo, que ſe malograſſen las obſervaciones.

En *Portobelo*, y *Chagres* ſe repitieron algunas à la orilla del Mar, como tambien en *Panamà*, para aſſegurarnos de eſtas alturas, y examinar, ſi podiamos diſtinguir alguna diferencia en la elevacion de los dos Mares, que aſſeguraban mucho los Patricios, aunque ſin fundamento.

El *Cerro del Ancon* de *Panamà* nos ſirviò tambien para el efecto; y deſpues proſiguiendo el Viage, ſe examinaba todas las veces, que el tiempo, y lugar lo permitìan; como en *Manta*, *Guayaquìl*, y otros parages: en fin à nueſtro arribo à *Quito*, fuè quando mas experiencias ſe executaron, por ſer el parage proprio para ello; pues ſe hallan Cerros muy eminentes, en los quales los yerros del Barometro ſe manifieſtan mucho mas.

Ademàs de los motivos arriba dichos, que nos oblíron à emprender las experiencias del Barometro, ſe nos agregò otro particular, y fuè, que la diſpoſicion de los

Montes, y Boſques del Reyno de *Quito* es tal, que ſe nos hacìa muy dificil, y coſtoſo el ligar los triangulos de la Meridiana con el Mar, para por ello concluir las alturas de los Montes ſobre ſu ſuperficie, y reducir la medida de la Meridiana à la altura, ò nivèl del Mar, como lo harémos en el Libro 7: y aſsì reſolvímos deducir dicha altura por el Barometro; pues aunque el methodo no ſea muy exacto, como el yerro, que ſe puede cometer, es muy corto, fuè preciſo valernos de èl, no preſentando la incomodidad del terreno otro mas adequado.

Algunas de las experiencias, que *M.Godin* me comunicò, ſon las que ſe ſiguen.

Experiencias del Barometro ſimple hechas en *San Luis*, y en el *Petit-Goave* en la Isla de *Santo Domingo*.

| | | p | l | p.[a] |
|---|---|---|---|---|
| 1735 Julio 1, | en el *Fuerte Real* 10 toeſas ſobre el Mar | 27 | 02 | 03 |
| 13, | en *S.Luis* 1 toeſa ſobre el Mar | | 09 | 02½ |
| | 247½ toeſas mas alto | 26 | 03 | 01½ |
| 15 | 1 toeſa ſobre el Mar | 27 | 09 | 05½ |
| Agoſto 24, | en el *Petit-Goave* 550 toeſas ſobre el Mar | 24 | 11 | 10 |
| 25, | en el miſmo parage | | | 06 |
| | 463½ toeſas ſobre el Mar | 25 | 04 | 10 |
| | 339½ | 26 | 00 | 04 |
| | 3½ | 28 | 00 | 00 |
| 30, | en el miſmo parage | 27 | 11 | 06. |

En

[a] La primera coluna contiene las pulgadas, la ſegunda las lineas, y la tercera los dozavos de linea, ò puntos del *piè de Rey de Parìs*, à que ſe mantuvo el Mercurio en el Barometro ſimple.

En las experiencias, que hizo en la *Martinica* encontrò el Mercurio à la orilla del Mar mucho mas baxo. Las obſervaciones, que en el reſto del Viage hicimos juntamente con *Don Antonio de Ulloa*, ſon las que ſe ſiguen.

Experiencias del Barometro ſimple hechas en *Portobelo*, *Panamà*, y Reyno de *Quito*.

| | p | l | p. |
|---|---|---|---|
| 1735 Diciem. 7, en *Portobelo* 1 toeſa ſobre el Mar | 27 | 11 | 07 |
| 22, en la Aduana de *Chagres* à la orilla del Mar | | 11 | 07 |
| 23, en el Rio de *Chagres* 1 toeſa ſobre el Mar | | 11 | 05 |
| 28, en la orilla del Rio en *Cruzes* | | 09 | 00 |
| 1736 Enero 4, en *Panamà* 1 toeſa ſobre el Mar | | 11 | 07 |
| en la cumbre del *Cerro del Ancòn* | | 04 | 07 |
| Marzo 10, en *Manta* à la orilla del Mar | | 11 | 06 |
| Abril, en *Guayaquìl* 2 toeſas ſobre el Rio | | 10 | 00 |
| Mayo 16, en *Tarigagua*, en el camino de la Bodega de *Babahoyo* à *Guaranda* | 25 | 00 | 01 |
| 17, en *Guamac-Cruz* en el miſmo camino | 22 | 01 | 02 |
| En *Quito* medio entre todas las obſervaciones de *M. Godin* | 20 | 01 | 00 |
| Noviem. 17, en *Carabùru*, extremo ſeptentrional de la Baſe, medida en en llano de *Yaruquì* | 21 | 03 | 03 |
| 13, en *Oyambaro*, extremo meridional de la miſma Baſe | 20 | 07 | 09 |
| Septiem. 26, en el Pueblo de *Yaruquì* | | 08 | 10 |

Las experiencias, que ſe ſiguen, las hicimos *M. Godin*, y yo con otra precaucion; pues como es dificil, el juzgar en la Taza, ò Vaſo donde eſtà el Barometro, quando la linea cero de la diviſion en el Barometro eſtà à nivèl con el Mercurio, por hacer èſte una curva à ſu contacto con el Inſtrumento; aplicò *M. Godin* una media dama ſobre el Mercurio, y contra el Inſtrumento, la qual ſeñalaba la diviſion con mucha mas exactitud. Pero por motivo de la dicha curva, havìa, de las obſervaciones hechas con la dama à las otras, $1\frac{1}{8}$ lineas de diferencia; que añadidas, para que eſtas experiencias correſpondan à las antecedentes, ſeràn,

| | | | p | l | p. |
|---|---|---|---|---|---|
| 1737 Agoſt. | 22, | en *Carabùru* | 21 | 03 | 03 |
| | 25, | en *Oyambaro* | 20 | 07 | 09 |
| | 31, | en *Pambamarca*, una toeſa mas baxo que la Señal, que puſimos en aquel Cerro, que ſirviò para medir la Meridiana. | 17 | 03 | 04 |
| Septiem. | 7, | en la Señal de *Tanlagua* | 18 | 09 | 09 |
| | | en la Hacienda de *Tanlagua* | 20 | 11 | 02 |
| 1738 Octubre, | | en *Riobamba* medio entre todas las experiencias | 19 | 01 | 03 |
| 1739 Marzo, | | en *Alausì* medio entre todas las experiencias | 21 | 01 | 03 |
| Abril, | | en la Señal de *Chuſay* el miſmo medio | 17 | 10 | 00 |
| Septiem. | | en *Cuenca* el miſmo medio | 20 | 07 | 06 |

*Don Antonio de Ulloa* hizo con *M.M. Bouguer* y *la Condamine* las experiencias, que ſe ſiguen.

1737 Agoſt.

| | | | p | l | p. |
|---|---|---|---|---|---|
| 1737 | Agost. 16, | en la cumbre del Cerro *Pichincha* | 15 | 11 | 00 |
| | Septiem. | en *Quito* | 20 | 00 | 06 |
| | Diciem. 23, | en *Oyambaro* | | 07 | 06 |
| 1738 | Enero 24, | en *Carabùru* | 21 | 03 | 03 |
| | Febrero 3, | en *Pambamarca* | 17 | 03 | 10 |
| | Marzo 26, | en *Pucaguìcu*, al piè de la nieve del Cerro *Cotopacsi* | 16 | 05 | 04 |
| | Julio 16, | en *el Corazon*, 8 toesas mas baxo, que la Señal | 16 | 09 | 05 |
| | Mayo 2, | en *Sinasaguan* | 16 | 02 | 09 |
| | 16, | en *Cañar* | 19 | 05 | 00 |

Las diferencias de alturas del Mercurio en el Barometro de un dia à otro en un mismo sitio, en distintos tiempos, se observaron conforme à la tabla, que se sigue.

| | |
|---|---|
| En el *Petit-Goave* | $2\frac{1}{6}$ lineas |
| *Guayaquìl* | $1\frac{1}{4}$ |
| *Quito* | 1 |
| *Riobamba* | $\frac{17}{20}$ |
| *Alausì* | $1\frac{1}{30}$ |
| *Chusay* | $\frac{7}{8}$ |

En esta se vè, que quanto mas elevadas, se hacìan las experiencias, menos sensibles se encontraban las diferencias; pues que *Alausì* està mas alto que *Guayaquìl*; *Quito* mas alto que *Alausì*; y *Riobamba*, y *Chusay* mas altos que *Quito*: y asimismo, que las mismas diferencias son mucho menores en la Zona Torrida, que en Europa; puesto que se han hallado èstas en *Parìs* de ordinario de dos, y mas pulgadas. De donde se sigue, que la alteracion en peso de la Atmosphera es menos sensible en las cercanìas del Equador, que en mayores Latitudes: y menos en las cumbres de

de los Cerros, que en los Valles, y profundidades. Tambien se sigue, que las experiencias del Barometro en las cercanìas del Equador à la orilla del Mar se pueden obtener exactas à $1\frac{1}{4}$ lineas de diferencia: y en la Latitud del *Petit-Goave* à $2\frac{1}{6}$ lineas: por lo qual las alturas de los Montes, ò Cerros halladas por este medio, no pueden tener de yerro, mas que el que procediere de estas diferencias: y haviendose dicho, que son menos sensibles en las cercanìas del Equador, que en mayores Latitudes; las alturas de los Montes, ò Cerros se obtendràn por las experiencias del Barometro con mucha mas exactitud en las cercanìas del Equador, que en mayores Latitudes.

El mayor numero de experiencias, hechas à la orilla del Mar, manifiestan, mantenerse el Mercurio à 27 pulgadas $11\frac{1}{2}$ lineas; à cuya altura debemos arreglarnos: pues aunque las hechas en *San Luis*, la dèn mucho menor, provendrà de alguna particularidad del Mercurio, ò mala observacion: respeto, que las del *Petit-Goave*, *Portobelo*, *Chagres*, *Panamà*, y *Manta* convienen todas à corta diferencia con el mismo numero asignado: y como en Europa se mantenga el Mercurio, segun las mas observaciones à 28 pulgadas, podemos creer, que se mantiene à la orilla del Mar tanto en Europa como en la America à la misma altura: y aunque algunos lo dudaron por algunas particulares experiencias, es muy dable, que en èstas no se hallassen sus Barometros igualmente divididos, que el nuestro; pues es cierto, que por mas exactitud, que se guarde, jamàs convendràn las divisiones hechas por varios, à menos, que en reciproca correspondencia, no procuren atender à los reparos, hechos en el Libro antecedente: ademàs, que muchos hacen sus experiencias, sin examinar antes las di-

viſiones, que hizo en el Inſtrumento el Operario, las quales rara vez ſe encuentran exactas.

De eſto ſe concluye, que la Atmoſphera peſa igualmente en Europa, y America; y que la duda, en que ſe hallaban en *Portobelo*, y *Panamà*, de ſi los Mares del Norte, y Sur eſtàn, ò no à una miſma altura, no fuè fundada ſobre experiencias, ni leyes de Eſtatica.

## CAPITULO II.

### *Sobre la ley de la dilatacion del Ayre.*

EN las *Memorias de la Real Academia de las Ciencias de Parìs* ſe hallan varias experiencias, hechas por *M. Mariotte*, por donde ſe concluye, que el Ayre ſe dilata en aquella Region, en razon inverſa de los peſos, que le oprimen; lo que tambien concluyò en *Inglaterra M. Boyle*: y aunque la mera ſupoſicion de formarſe el Ayre de globulitos perfectamente elaſticos, è infinitamente pequeños, baſtaría para admitir generalmente eſta ley; no obſtante, ſe hicieron tambien algunas experiencias, que la acreditaron igualmente en la Zona Torrida.

El dia 31 de Agoſto de 1737 eſtando en el Cerro de *Pambamarca M. Godin*, y yo, con un Barometro ſimple, cuyo Tubo tenìa 31 pulgadas juſtas de largo, le llenamos algunas veces de Mercurio, menos una cierta cantidad, que le dexamos de vacìo, ò Ayre groſſero; y tapandole bien con el dedo la boca, le traſtornamos ſuavemente en una Taza, ò vidrio medio lleno de Mercurio, y anotamos la altura, à que quedò el del Barometro.

| Experiencias. | Altura que ſe dexò de Ayre groſſero en el Tubo. | | Lo q̃ ſe ahondò el Tubo en el Mercurio de la Taza. | | Altura a que quedò el Mercurio en el Barometro. | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | pulg. | lin. | pulg. | lin. | pulg. | lin. |
| 1. | 00 | 00 | | | 17 | 03$\frac{1}{3}$ |
| 2 | 05 | 10$\frac{2}{3}$ | 00 | 07 | 12 | 01$\frac{5}{8}$ |
| 3 | 10 | 04 | 00 | 07 | 09 | 01$\frac{1}{2}$ |
| 4 | 15 | 07 | 00 | 09$\frac{3}{4}$ | 06 | 05$\frac{1}{8}$ |

Para examinar, ſi eſtas experiencias convienen, con la ley aſignada por *M. Mariotte*, ſe harà atencion, à que el Ayre groſſero, que ſe dexaba en el Tubo, luego que ſe traſtornaba èſte, paſſaba à ocupar el lugar ſuperior; y vaciandoſe parte del Mercurio, (en todo el lugar, que ocupaba èſte) ſe dilataba el Ayre. Es pues preciſo ſegun *M. Mariotte*, que el lugar, que ocupò eſte Ayre, en ſu eſtado primero, ſea al que ocupò, haviendoſe dilatado, como el peſo, que le oprimìa en eſta ultima ocaſion, al peſo, que le oprimìa en la primera. El peſo, que oprimìa al Ayre en la primera, era el de toda la Atmoſphera, que es igual, por lo que ſe dixo en la pagina 103 al peſo del Mercurio, que queda en el Barometro, quando ſe hace la experiencia ſin dexar Ayre ninguno groſſero en el Tubo, en eſte caſo igual à 17 pulgadas 03$\frac{1}{3}$ lineas: y el peſo, que le oprimìa en la ſegunda, era el de la miſma coluna de Mercurio, diſminuìda de aquella, que quedò ſuſpendida en el Barometro, quando ſe hizo la experiencia dexando Ayre groſſero; porque es cierto, que la preſion del Ayre dilatado, mas la que hacìa el Mercurio, que quedò ſuſpendido en el Tubo, quando ſe hacìa la experiencia, debe ſer igual à la preſion, ò peſo de toda la Atmoſphera.

Eſtas

Eſtas reflexiones dàn el methodo de calcular la altura, à que debe quedar el Mercurio en el Barometro, ſupueſta la cantidad de Ayre groſſero, que ſe dexa en el Tubo, y ley de *M. Mariotte*; con que para examinar ſi èſta conviene con las experiencias, no hay mas, que hacer el calculo, y confrontar las alturas, que èſte diere, con las expueſtas en la coluna quarta; las quales ſiendo unas miſmas ſe acreditarà dicha ley.

Sean pues,

$l =$ à la longitud del Tubo, que quedò fuera del Mercurio de la Taza, quando ſe hizo la experiencia.

$a =$ à la cantidad de Ayre groſſero dexado.

$f =$ à la fuerza total, con que eſtà oprimido el Ayre, con el peſo de toda la Atmoſphera.

$x =$ à la altura donde quedò el Mercurio ſuſpendido.

$y =$ à el eſpacio, que ocupaba el Ayre eſtando dilatado. con lo qual, y lo dicho antecedentemente ſeràn ademàs,

$x + y = l$

$f =$ à 17 pulgadas $02\frac{1}{5}$ lineas.

$f - x =$ à la fuerza con que eſtaba opreſo el Ayre dilatado.

Segun *M. Mariotte* deben ſer $y : a = f : f - x$; luego $fy - xy = af$: ademàs por lo eſtablecido ſon $x + y = l$; luego $x = l - y$.

Subſtituyaſe eſte valor de $x$ en la primera equacion, y ſe tendrà $y^2 + fy - ly = af$; que ſuponiendo $l - f = b$, ſe reducirà à $y^2 - by = af$; de donde ſe deduce $y = \frac{1}{2} b \pm (af + \frac{1}{4} b^2)^{\frac{1}{2}}$. Subſtituyaſe aſsimiſmo eſte valor de $y$ en la equacion $x = l - y$, y tendrémos $x = l - \frac{1}{2} b \pm (af + \frac{1}{4} b^2)^{\frac{1}{2}}$, que es la formula para hallar las alturas donde debiò quedar el Mercurio ſegun *M. Mariotte*.

En la ſegunda experiencia ſon,

$l = 31$ pulgadas menos 7 lineas $=$ 30 05
$a =$ 05 $10\frac{2}{3}$
$f =$ 17 $03\frac{1}{3}$
$b =$ 13 $01\frac{2}{3}$
$\frac{1}{2}b =$ 06 $06\frac{5}{6}$
$\frac{1}{4}b^2 =$ 43 02—
$af =$ 101 09—
$(af + \frac{1}{4}b^2)^{\frac{1}{2}} =$ 12 00
$\frac{1}{2}b + (af + \frac{1}{4}b^2)^{\frac{1}{2}} =$ 18 $06\frac{5}{6} = y$; luego
$x =$ 11 $10\frac{1}{6}$, menor que

en la experiencia de $3\frac{1}{2}$ lineas. Del miſmo modo ſe deduciràn los valores de $x$ en las experiencias tercera, y quarta, que ſon,

| | Por la Experiencia | Segun *M. Mariotte* | | Segun las Experiencias | | Diferencias. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | pulg. | lin. | pulg. | lin. | lineas. |
| Valores de $x$.. | 2 | 11 | $10\frac{1}{6}$ | 12 | $01\frac{5}{8}$ | $3\frac{1}{2}$ |
| | 3 | 08 | $11\frac{1}{2}$ | 09 | $01\frac{1}{2}$ | 2 |
| | 4 | 06 | $00\frac{3}{4}$ | 06 | $05\frac{1}{8}$ | $4\frac{3}{8}$ |

La coluna quarta contiene las diferencias, que ſe hallan, entre las experiencias, y lo que ſe concluye por la ley de *M. Mariotte*; pero tales quales ſe vèn, ſon aun mucho menores de lo que ſe debe eſperar en la practica: pues por poco que el Tubo de vidrio ſea mas angoſto, ò eſtrecho àcia el extremo abierto, ſe ſeguirà el efecto de quedar el Mercurio mas alto en las experiencias, que lo que la ley diere, conforme à lo que nos ha ſucedido; y ſi ſe añade ademàs à eſto las desigualdades interiores del miſmo Tubo,

bo, y las materias heterogeneas, que ſe eſparcen por el Ayre, todo lo qual es inevitable en la practica, cómo no hemos de eſperar diferencias conſiderables? debémos pues aſſentir, à que ſe conforman las experiencias con la theorica, y que el Ayre ſe dilata en la Zona Torrida, igualmente, que en la templada en razon inverſa de los peſos, que le oprimen.

Eſto eſtablecido, las dilataciones del Ayre, à las varias alturas de la Atmoſphera, ſe pueden expreſſar, como lo hizo *M. Halley* [a], por las ordenadas de una hyperbole entre ſus aſymptotas; pues eſtas ſon en razon inverſa de ſus abſciſſes correſpondientes; quienes en eſte caſo repreſentaràn las diſtintas gravedades de la Atmoſphera, ò alturas del Mercurio en el Barometro: porque ſiendo,

$a =$ à una altura del Mercurio en el Barometro

$b =$ à la dilatacion del Ayre en el parage donde ſe mantuvo el Mercurio à aquella altura

$x =$ à otra altura del Mercurio en el Barometro

$z =$ à la dilatacion del Ayre, que le correſponde; tendrémos ſegun *M. Mariotte* $a : x = z : b$, y eſta equacion de una hyperbole entre ſus aſymptotas $xz = ab$.

Si ſe deſcribe pues una hyperbole CEFL [b] entre ſus aſymptotas GA, AB; y de A como origen ſe toman àcia B los abſciſſes $x$ iguales à las alturas del Mercurio en el Barometro, ſus ordenadas correſpondientes BC, DE, KF iguales à las $y$, repreſentaràn las varias dilataciones del Ayre en los parages de la Atmoſphera, donde el Mercurio ſe mantendrà à las alturas antecedentes: y como, quando es la altura del Mercurio en el Barometro $x = o$, es ſu ordena-

[b] Fig. 5 Lam. 3

[a] Philoſophicas Tranſactiones, ò Memorias de la Real Academia de Londres N.181, año 1686.

nada correſpondiente $y=\infty$, ſe ſigue, que el Ayre ſe debe dilatar ſegun eſta ley al infinito: y al contrario, como para que ſea $y=0$, debe ſer $x=\infty$, ſe ſigue tambien, que para que el Ayre ſe comprima al infinito, neceſsita, de una altura del Mercurio infinita, ò lo que es lo miſmo de un peſo infinito.

Algunos Authores pretenden, que no ſe puede extender dicha ley haſta eſtos grados extremos, à cauſa de que no ſe puede concebir, y no ſe conoce cuerpo elaſtico, que ſe comprima al infinito; pero no me detendrè en defender la generalidad de la regla, porque parece que fuera ſolo mera eſpeculacion; el que quiſiere hacerſe cargo de ella, la hallarà en la Areometría de *Chriſtiano Wolfio* § 76.

## COROLARIO.

SIendo las denſidades del Ayre en razon inverſa de ſus dilataciones, ſeràn aquéllas como los peſos, que le oprimen, ò como las alturas del Mercurio en el Barometro: y haviendoſe dicho en la pagina 103, que eſtas ſon tambien como las fuerzas elaſticas, ſe ſigue, que las alturas del Mercurio en el Barometro, las denſidades, y las fuerzas elaſticas del Ayre eſtaràn ſiempre entre sì en una miſma razon directa: por lo qual, lo que ſe ha dicho, y dirà de las alturas del Mercurio en el Barometro, ſe puede entender igualmente de las denſidades, y fuerzas elaſticas del Ayre: eſto es, en la hyperbole CEFL, los abciſſes $x$ pueden repreſentar indiferentemente las alturas del Mercurio en el Barometro, las denſidades, ò las fuerzas elaſticas del Ayre, repreſentando las ordenadas correſpondientes $y$ ſus dilataciones.

M.

*M. Bouguer* en ſu *Eſſai ſur la Gradation de la Lumiere* pag. 153, fundado en el miſmo principio de *M. Mariotte* halla, que las dilataciones del Ayre à las varias alturas de la Atmoſphera ſe pueden expreſſar por las ordenadas de la Curva Logarithmica, repreſentando los Abſciſſes correſpondientes, las miſmas alturas de la Atmoſphera: pero ſiendo lo miſmo, que repreſentarlas por la hyperbole para el fin à que aſpiramos, no hago mas, que citar el ſegundo modo en que ſe pueden expreſſar.

## CAPITULO III.

*En que ſe dà el modo de hallar la altura de los Montes, ò Cerros por las experiencias del Barometro.*

SUpongaſe dividida la altura de la Atmoſphera en varias capas, que los Latinos llaman *ſtratas* infinitamente pequeñas, cada una de las quales ſea de igual gravedad, ò lo que es lo miſmo de igual fuerza elaſtica; y por lo dicho en el Corolario antecedente ſus alturas, ò dilataciones ſeràn en razon inverſa de aquellas fuerzas, ò de las alturas del Mercurio en el Barometro: eſto es, ſi la primera capa en la ſuperficie del Mar, donde el Mercurio ſe mantiene à 28 pulgadas, es de una pulgada de alto, igual à la ordenada BC, la capa, donde el Mercurio ſe mantiene à 14 pulgadas, ſerà de dos pulgadas de alto, igual à la ordenada DE, y aſsi de las demàs, procediendo de ſuerte, que la ultima por sì ſola llegarà à ſer infinita.

La ſuma pues de todas las alturas de las capas, ò de las ordenadas contenidas entre dos puntos desigualmente diſtantes de la ſuperficie del Mar, ſerà la razon de la eleva-

cion

cion de un punto ſobre otro : eſto es, el area como BCED, contenida entre las ordenadas BC, DE, exprimirà la razon de las eminencias de los puntos, donde el Mercurio ſe quedò à las alturas AB, AD.

Con eſto, ſi ſe tienen quatro experiencias del Barometro hechas à diſtintas alturas, en la primera de las quales quedò por exemplo el Mercurio à la altura AB, en la ſegunda à AH, en la tercera à AD, y en la quarta à AK, la altura de la eſtacion ſegunda ſobre la primera, ſerà à la altura de la quarta ſobre la tercera, como el area BCIH al area DEFK: y aſsimiſmo la altura de la eſtacion ſegunda ſobre la primera, ſerà à la altura de la tercera ſobre la primera, como el area BCIH, al area BCED &c.

Por medio pues de la quadratura de los eſpacios hyperbolicos entre las aſymptotas, podemos adquirir la razon, en que ſe hallan las alturas, ò eminencias, donde ſe hicieron las experiencias del Barometro; para lo qual es neceſſario valerſe de las ſéries infinitas, cuyas operaciones ſon algo dilatadas: pero atendiendo à lo que es tan ſabido de los Geometras, y no ſerà neceſſario demonſtrar aquì, que dichos eſpacios ſon los Logarithmos de las razones de las miſmas alturas, donde quedò el Mercurio en el Barometro, facilitamos el metodo de deducir la razon de las varias eminencias, donde ſe hicieron dichas experiencias, que nos darà qualquiera tabla de Logarithmos.

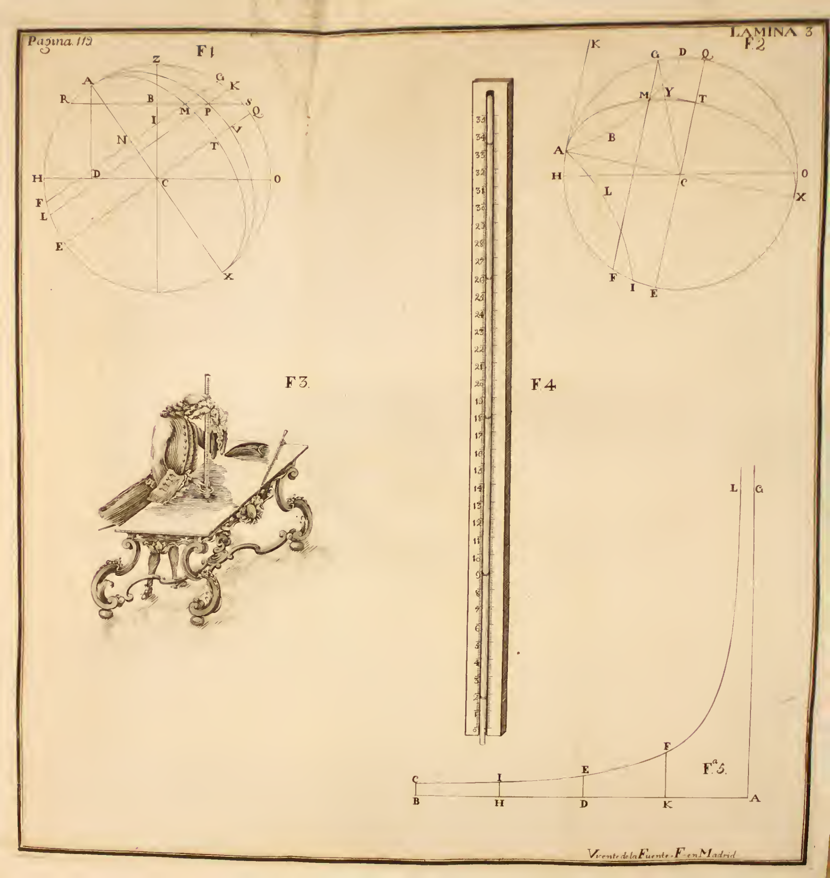
Sean pues

$a =$ à la altura del Mercurio en el Barometro en el primer ſitio, ò eſtacion.

$b =$ à la de la ſegunda.

$c =$ à la de la tercera.

$d =$ à la de la quarta.


Pagina 112
LAMINA 3
F 1
F 2
F 3.
F 4
F.a 5.
Vicente de la Fuente. F. en Madrid



$A=$ à la altura, ò eminencia de la ſegunda eſtacion ſobre la primera.

$x=$ à la altura, ò eminencia de la quarta ſobre la tercera.

y tendrémos por lo antecedente $A : x = {}^{a}L\frac{a}{b} : L\frac{c}{d}$; y eſta equacion $x = \frac{AL\frac{c}{d}}{L\frac{a}{b}} = A.\left(\frac{Lc-Ld}{La-Lb}\right)$ (1): ò ſi no ſon mas de tres eſtaciones, ò experiencias las hechas, ſe ſupondrà, $c = a$, y quedarà la formula en $x = A.\left(\frac{La-Ld}{La-Lb}\right)$ (2); ò tambien $d = a$, y quedarà en $x = A.\left(\frac{Lc-La}{La-Lb}\right)$ (3): por cuyas formulas ſe vè, que no ſe neceſsita mas, que hallar, por las operaciones de geometría practica, el valor de A, para deducir todas las alturas de los Montes, ò parages donde ſe hiciere la experiencia del Barometro.

Eſte valor nos lo darà con gran exactitud la tabla ſiguiente, que es de las alturas de algunos Cerros, donde hicimos las experiencias del Barometro, las quales calculè, valiendome de las obſervaciones, ù operaciones, que ſe daràn en la medida de la Meridiana, ò grado contiguo à el Equador, atendiendo à las refracciones terreſtres, curvatura de la Tierra, y demàs particularidades, que pueden alterar el calculo, como ſe explicarà por extenſo en la medida de dicho grado.

Al-

[a] L ſignifica Logarithmo.

Alturas ſobre el nivèl de *Carabùru* ſeñal Norte de la Baſe medida en el llano de *Yaruquì*.

| | |
|---|---|
| La ſeñal de *Oyambàro* extremo Sur de la miſma Baſe | 126 toeſas |
| *Tanlàgua* | 518 |
| *Pambamarca* | $883\frac{1}{2}$ |
| La cumbre del Cerro de *Pichincha* | 1204 |
| La ſeñal del *Corazon* | 985 |
| de *Pucaguaìcu* en *Cotopacſi* | 1036 |
| *Chusày* cerca de *Alausì* | $727\frac{1}{2}$ |
| *Sinaſaguan* | 1106 |

La altura del Cerro del *Ancon* de *Panamà* ſe concluyò por el plano de la Plaza, y la hallè en mi calculo de $101\frac{1}{2}$ toeſas ſobre la ſuperficie del Mar à media Marèa.

Eſtas alturas no ſolo pueden concluir las de los demàs parages, donde ſe huvieſſe hecho la experiencia del Barometro, pero afirmar ſegunda vez la ley de la dilatacion del Ayre dada en el Capitulo antecedente, ſi la concordancia de las concluìdas geometricamente, y al miſmo tiempo por el Barometro es tal, que la corta diferencia que ſe encontrare ſe puede atribuir à las caſualidades, que en la practica ſon indiſpenſables. Entremos pues à examinarlo.

Valiendonos de la formula (2), y de las experiencias del Barometro hechas en *Carabùru*, *Oyambàro*, y *Pambamarca*, tendrèmos,

$a = 21^{p}\ 03^{l}\ 03^{p} = 3063^{p.}$ exper. hecha en *Carabùru*.
$b = 20\ 07\ 09 = 2973$ *Oyambàro*
$d = 17\ 03\ 04 = 2488$ *Pambamarca*
A = 126 toeſas, altura de *Oyambàro* ſobre *Carabùru*

*a* =

*a* = 3063, ſu Logarithmo = 3.48614,69968
*b* = 2973 3.47349,49092
L*a*—L*b* = 1295,20876

*a* = 3063, ſu Logarithmo = 3.48614,69968
*d* = 2488 3.39585,03760
L*a*—L*d* = 9029,66208

Comp.Logarih. de 1295.2. = 6.88766,31643
Logarithmo de 9029.66 = 3.95563,96330
A=126 = 2.10037,05451
x = 2.94370,51066=878.4

Segun eſto la altura de *Pambamarca* ſobre *Carabùru* concluìda por el Barometro ſerà 878.4 toeſas
ſegun la tabla antecedente es por geometrìa 882.5
luego la diferencia entre las dos determinacion. 4.1

Donde ſe vè, que de la altura de *Pambamarca* ſobre *Carabùru* concluìda por la ley aſignada de la dilatacion del Ayre, que nos dà el Barometro, à la altura concluìda por geometrìa, no hay mas, que 4 toeſas de diferencia, que es quanta exactitud ſe puede deſear.

No obſtante ſe hallarà mayor, valiendoſe de la miſma formula, y de las experiencias hechas en *Carambùru*, *Oyambàro*, y *Pichincha*, haciendo igual calculo: eſto es, la altura de *Pichincha* ſobre *Carabùru* por el Barometro 1225 toeſas
geometrìa 1204
diferencia 21

la qual procede de una linea de yerro en la experiencia del Barometro de *Pichincha*, ò de ſolo $\frac{1}{8}$ de linea en las de *Carabùru*, ù *Oyambàro*, à cuya exactitud, yà ſe ha dicho no ſe puede llegar.

Q Por

Por la formula (2), y las experiencias de *Carabùru*, *Oyambàro*, y *Tanlagua*.

Altura de *Tanlagua* ſobre *Carabùru* por el Bamet. 499 toeſas
geometrìa 518
diferencia 19

Por la formula (1), y las experiencias de *Carabùru*, *Oyambàro*, el Cerro del *Ancon* en *Panamà*, y la orilla del Mar.

Altura del Cerro del *Ancon* por el Barometro 88
geometrìa 101
diferencia 13

Por la formula (2), y las experiencias de la Montaña del *Petit-Goave* { $3\frac{1}{2}$ / $339\frac{1}{2}$ / 550 } toeſas ſobre la ſuperficie del Mar.

Altura de la ultima eſtacion ſobre la primera
por el Barometro $524\frac{1}{2}$
geometrìa $546\frac{1}{2}$
diferencia 22.

Todas eſtas alturas parece, que concuerdan muy bien, tanto para afirmar la ley de la dilatacion del Ayre, quanto para que podamos valernos de las reglas dadas, para deducir las alturas de los Montes, ò Cerros; pues las diferencias, que ſe hallan, ſon, por las razones expueſtas en la pagina 104, deſpreciables: ademàs, que ſi obtenémos la altura del terreno, donde ſe midiò la Meridiana, ſobre la ſuperficie del Mar à 100 toeſas de diferencia, ſerà mas de lo que ſe neceſsita.

Siguiendo pues dichas reglas, y ſirviendonos de la formula (4), y de las experiencias hechas en *Carabùru*, *Oyambàro*, y orilla del Mar, hallarèmos à *Carabùru* elevado ſobre la ſuperficie del Mar 1155 toeſas.

Con

Con eſtas miſmas reglas ſe puede hallar la altura de la Atmoſphera, en que el Ayre no es aun perceptible, deſpreciando la ultima capa, la qual ſola es infinita en extenſion.

*M. Mariotte* en ſu *Diſcurſo ſobre la naturaleza del Ayre*, trae una experiencia, que hizo con la Machina Pneumatica, en que el Ayre ſe dilatò à lo menos 4000 veces mas de lo que eſtà en la ſuperficie de la Tierra: por lo qual, para hallar la altura, que la Atmoſphera tiene haſta el parage, donde el Ayre no es aun perceptible, debemos ſuponer, que en dicho lugar eſtà à lo menos 4000 veces mas dilatado; podemos tomarle pues de 4026: y como las alturas del Mercurio en el Barometro ſean en razon inverſa de las dilataciones del Ayre, donde ſe hacen las experiencias, ſegun ſe dixo en el Corolario antecedente, ſe ſigue, que el Mercurio quedarà à ſemejante altura 4026 veces mas baxo, que en la ſuperficie del Mar, ò à $\frac{1}{12}$ de linea: con lo qual, y por las formulas, ſe hallarà, que el Ayre obtendrà dicha dilatacion à 35070 toeſas de altura ſobre la ſuperficie del Mar, ò à 37 millas de 60 en grado con corta diferencia.

El dia 7. de Diciembre de 1682 hizo *M. de la Hire* la experiencia del Barometro en el Monte *Clairet*, que ſe halla cerca de *Tolon*, y tiene 257 toeſas de altura ſobre la ſuperficie del Mar, en la qual tambien hizo la miſma experiencia: y quedò el Mercurio en la primera à 26 pulgadas $4\frac{1}{2}$ lineas, y en la ſegunda à 28 pulgadas 2 lineas de altura: de las quales ſe concluye, que el Ayre obtendrà una dilatacion 4026 veces mayor, que à la orila del Mar, à la altura de 32460 toeſas; y aſsi por eſta experiencia ſe puede creer, que la altura de la Atmoſphera en las cercanìas del Equador es mayor, que en Europa.

*M. de la Hire* no halla, por ſu miſma experienca, mas alta la Atmoſphera, haſta el parage donde el Ayre ſe dilata 4000 veces mas, que en la ſuperficie terreſtre, que de 20319 toeſas; cuya diferencia con el numero de arriba 32460, proviene del methodo indirecto, que usò en el calculo, no haviendoſe querido valer del antecedente, por haverle parecido muy moleſto, el quadrar los eſpacios hyperbolicos entre las aſymptotas: ſin embargo por las tablas Logarithmicas ſe logra el calculo faciliſsimo.

En la *medida de la Tierra de M. Caſsini* pagina 150 ſe halla, que el dia 12 de Marzo de 1701 hizo la experiencia del Barometro en una ſala de *Colibre*, 11 toeſas ſobre la ſuperficie del Mar, y quedò el Mercurio à 28 pulgadas: algunas horas deſpues haciendo la miſma al piè de la Torre de *la Maſſane*, que eſtà elevada ſobre dicha ſala 397 toeſas, quedò el Mercurio 2 pulgadas 7 lineas mas baxo: ſi nos ſervimos pues de eſtas experiencias ſe concluirà, que el Ayre obtendrà una dilatacion 4026 veces mayor, que la de *Colibre*, à la altura de 34050 toeſas; mayor, que la concluìda por las experiencias de *M. de la Hire* 1590; cuya diferencia puede depender de las diſtintas ſazones, en que ſe hicieron.

Por igual methodo ſe puede hallar la altura en la Atmoſphera, donde los vivientes murieran, ſi fueran elevados à ella; porque en la Machina Pneumatica ſe experimenta, que los animales encerrados en ella, mueren evacuando la mitad del Ayre, que es lo propio, que dilatarle, ò darle dupla extenſion de la que tiene en la ſuperficie terraquea: con que hallar la altura, donde los vivientes murieran, es lo miſmo, que hallar aquella, donde el Ayre eſtà en dupla dilatacion, de la que tiene en la ſuperficie terraquea;

quea;

quea ; ò el parage , donde el Mercurio en el Barometro ſe mantendrà à 14 pulgadas , que es la mitad de la elevacion, à la qual queda en la orilla del Mar. Si nos ſervimos pues de eſtas ultimas experiencias de *M. Caſsini* ſe verà, que eſte efecto ſolo ſe lograrà à la altura de 2446 toeſas en eſta Region : y ſirviendonos de las experiencias hechas en *Carabùru* , y *Oyambàro* , ſe concluirà , que en aquellos parages es neceſſario elevarſe 1780 toeſas encima del nivèl de *Carabùru* ; que yà ſe determinò à 1155 toeſas ſobre la ſuperficie del Mar ; las que ſumadas hacen 2935 , algo mas que una legua marina : y aſsì parece increíble , que viviente alguno haya eſtado elevado à mayor altura : ſin embargo veíamos de ordinario deſde las cumbres de los Paramos, donde aſsiſtíamos , baxo de Tiendas de Campaña , para formar la série de triangulos de la Meridiana , los Buytres mas altos que noſotros , y quizàs de 100 à 200 toeſas; por lo qual no irían muy lexos de habitar la altura donde el Mercurio ſe mantendría à 14 pulgadas , y el Ayre obtendría dupla dilatacion : y aſsì parece , que debe haver otra cauſa en el Ayre libre , que impida à la naturaleza obrar, como en la Machina Pneumatica.

## CAPITULO IV.

### *De otro modo de hallar la altura de los Montes por las experiencias del Barometro.*

YA hemos dicho , que las materias heterogeneas , que ſe elevan , y eſparcen por la Atmoſphera , alteran de ordinario el peſo de èſta , y al miſmo tiempo no permiten al Ayre, que la forma, el dilatarſe riguroſamente ſegun la

la ley aſignada en el Capitulo II : por eſte motivo preten-den algunos, que à diſtancias cercanas à la ſuperficie de la Tierra ſe haga dicha dilatacion en otra razon diſtinta ; y ſuponen, que las capas, ò *Stratas*, de igual peſo, en que ſe conſiderò dividida la Atmoſphera, ſe dilatan en progreſsion arithmetica, correſpondiendo cada una de ellas à igual aumento, ò diminucion de altura del Mercurio en el Barometro.

Siguiendo eſta regla determinò *M. Caſsini*, por ſus experiencias hechas en *Francia*, que partiendo de la orilla del Mar, para que el Mercurio en el Barometro baxe una linea, es neceſſario elevarſe à la altura de 60 pies de Rey; para que baxe 2 lineas, elevarſe 60+61; para que tres, 60+61+62; y aſsi continuando en una progreſsion arithmetica, cuyo primer termino, partiendo de la orilla del Mar, donde el Mercurio ſe mantiene à 28 pulgadas, ha de ſer 60, y el exceſſo de los demàs uno : ſegun eſto, la ſuma de una ſérie de tantos terminos como lineas huviere de diferencia entre dos experiencias, hechas en diſtintos lugares, ſerà la elevacion de un lugar ſobre otro. Las miſmas experiencias, que hizo *M. Caſsini* al piè de la Torre de la *Maſſane*, y en *Colibre*, en las quales hallò de diferencia 2 pulgadas 5 lineas, dàn (ſegun eſta regla) la altura de la Montaña ſobre la ſala de *Colibre* de 395 toeſas, que no ſe diferencia de la que le determinò la medida geometrica mas que en 2 toeſas, que es quanta exactitud ſe puede pedir.

El *P. Feüilèe* en ſu primer tomo intitulado *Journal des Obſervations Phiſiques* &c. pagina 456 trae una tabla, que ſe reduce à la progreſsion, que aſignò, por las experiencias, que hizo en *Lima*, para concluir las alturas, ò eminen-

nencias donde ſe hiciere la experiencia del Barometro; à la qual dà por primer termino 60 pies, y por exceſſo 2.

*M. Godin* por las experiencias, que hizo en el *Petit-Goave*, determinò, que la progreſsion para aquel clima debìa tener por primer termino 74 pies 6 pulgadas $4\frac{5}{6}$ lineas; y por exceſſo de los terminos 10 pulgadas $5\frac{5}{12}$ lineas.

*M. Bouguer* por las miſmas obſervaciones aſignò el primer termino de $78\frac{3}{4}$ pies; y el exceſſo de 8 pulgadas; pero à ſu llegada al Reyno de *Quito*, viendo, que eſta progreſsion no convenia, diò à otra por primer termino $98\frac{1}{3}$ pies; y al exceſſo $\frac{2}{3}$, ò $\frac{16}{23}$ de piè. Unas, y otras ſi ſe aplican à las experiencias, y medidas dadas en la tabla del Capitulo antecedente, ſe verà, que no concuerdan.

Para determinar otra, que ſe acerque mas à la verdad, ſean,

$x =$ al primer termino de la progreſsion.

$z =$ al exceſſo de ellos.

$n =$ al numero de los terminos entre dos experiencias, cuya elevacion de la una eſtacion ſobre la otra, hallada por geometrìa, es A.

$m =$ al numero de los termino entre otras dos experiencias, cuya elevacion de la una eſtimacion ſobre la otra, es B.

con lo qual tendrémos eſtas dos equaciones $nx + \frac{1}{2} n^2 z = A$; y $mx + \frac{1}{2} m^2 z = B$. Por la primera $z = \frac{2}{n^2} \cdot (A - nx)$; cuyo valor introducido en la ſegunda, le reduce à $x = \frac{n^2 B - m^2 A}{nm.(n - m)}$; en donde ſe ſupone $n < m$, y $A < B$.

Para hallar al preſente los valores del primer termino

x,

$x$, y del exceſſo $z$, no hay mas, que poner en lugar de $n$, $m$, A, y B las cantidades, que les correſponden, ſacadas de las experiencias, y de la tabla antecedente. Si tomamos por exemplo las de *Carabùru*, *Oyambàro*, y *Pambamarca*, tendrémos $n = 48$, $m = 7\frac{1}{2}$, $A = 882$, y $B = 126$; de donde ſe concluirà $x = 16.51$ toeſas, ò 99 pies con corta diferencia; y $z = \frac{179.04}{2304}$ toeſas, ò $5\frac{3}{5}$ pulgadas.

Como no ſe neceſsitan mas de tres experiencias para dàr valores à $x$, y $z$, y de dos medidas geometricas para darſelos à A, y B, podemos, con las experiencias del Capitulo primero, y la tabla del antecedente, dàr varios valores à eſtas letras, y por conſiguiente determinar por ellos muchas veces la progreſsion, que debiera ſer ſiempre la miſma; pero muy al contrario deſpues de bien hecho el examen, ſe hallarà, que todas las veces, que ſe dèn diſtintos valores à las letras, ſe concluye diſtinta progreſsion: unas dàn el primer termino mayor, y el exceſſo menor, que el antecedente; otras al contrario; y algunas el exceſſo negativo: lo qual procede, como he dicho, de la mutacion en peſo de la Atmoſphera en las varias ocaſiones, que ſe hicieron las experiencias.

Segun eſto no podemos hacer coſa mejor, que tomar una progreſsion media entre todas las que ſe pueden deducir, tal, que determinando las alturas de los Montes por ella, y por geometría, las diferencias que ſe hallaren ſean lo mas pequeñas, que ſea poſsible. Es pues preciſo hallarlas todas, y combinarlas, ò cotejarlas, cuya operacion es algo dilatada; pero deſpues de bien viſta, he concluìdo, que la progreſsion, que ſe buſca es, la que tiene

por

por primer termino empezando del nivèl de *Carabùru* $103\frac{1}{2}$ pies; y por exceſſo $\frac{215}{1000}$ de pie: y ſe empieza del nivèl del Mar, eſta miſma progreſsion tiene por primer termino 86. 246 pies; y dà las alturas, que ſe ſiguen.

## Alturas deducidas por la progreſsion aſignada, y las experiencias del Barometro, tales como ſe hallaron ſobre el terreno, comparadas con las que dieron las operaciones geometricas.

Alturas ſobre *Carabùru*.

| | Por la progreſſion | Por geometrìa | Diferencias. |
|---|---|---|---|
| La cumbre del Cerro *Pichincha* | 1181 toeſas | 1204 | 23 |
| La Señal de *Pambamarca* | 867 | $883\frac{1}{2}$ | $15\frac{1}{2}$ |
| *Tanlagua* | 524 | 518 | 6 |
| *Oyambàro* | 130 | 126 | 4 |
| *Corazon* | $979\frac{1}{2}$ | 985 | $2\frac{1}{2}$ |
| *Pucaguaìcu* | 1058 | 1036 | 22 |
| *Chusày* | $741\frac{1}{2}$ | 727 | 14 |
| *Sinaſaguàn* | 1108 | 1106 | 2 |
| Alturas ſobre el nivèl del Mar. | | | |
| En *San Luis* | 267 | $247\frac{1}{2}$ | $19\frac{1}{2}$ |
| En la Montaña del *Petit-Goave* | 535 | 550 | 15 |
| | 457 | $463\frac{1}{2}$ | $6\frac{1}{2}$ |
| | 342 | $339\frac{1}{2}$ | $2\frac{1}{2}$ |
| El Cerro del *Ancon* en *Panamà* | $101\frac{1}{2}$ | $101\frac{1}{2}$ | 0 |

La altura de la Señal de *Pambamarca* por geometría es de $16\frac{1}{2}$ toeſas mayor, que la dada por la regla; pero como

la experiencia del Barometro ſe hizo una toeſa mas abaxo, que la Señal, le quitè èſta à la diferencia: y por lo miſmo 8 à la altura de la Señal del *Corazon.*

La experiencia hecha en *San Luis*, no la comparè con la de la orilla del Mar yà aſignada de 27 pulgadas 11½ lineas, ſino con otra de 27 pulgadas 9⅓ lineas, porque à eſta altura ſe hallò el Mercurio en el miſmo parage.

Por eſta tabla ſe vè la impoſsibilidad, que hay en aſignar una progreſsion, que convenga à todas las alturas; porque ſi ſe aumenta la progreſsion dada, ſerà conveniente para unas alturas, y defectuoſa para otras; y al contrario: de ſuerte, que ſiempre tendrémos algunas, que no convendràn con la regla exactamente.

Segun la miſma progreſsion hállo las alturas, que ſe ſiguen.

Alturas ſobre la ſuperficie del Mar.

| | |
|---|---|
| *Carabùru* Señal Norte de la Baſe medida en el llano de *Yaruquì* | 1267½ toeſas. |
| *Tarigagua* en la *Montaña de San Antonio* | 534 |
| *Guamac-Cruz* en la miſma *Montaña* | 1098½ |
| La Ciudad de *Quito* | 1517 |
| *Cuenca* | 1402 |
| La Villa de *Riobamba* | 1728 |
| El Pueblo de *Yaruquì* | 1379 |
| *Alausì* | 1302 |
| *Cañar* | 1660 |
| La cumbre del Cerro *Pichincha* | 2471½ |

Las 2471½ toeſas de altura de eſte Cerro, hacen mas de dos millas y media; altura mayor, que qualquiera de las que conocémos en Europa: porque aunque *Strabon*, *Kircherio*, *Riccioli*, y otros varios Authores nos dàn alturas de Mon-

Montes mucho mayores, parece que no les podemos dàr entero credito; lo primero, por no haver hecho ſus computos con la juſtificacion, que ſe debìa; y lo ſegundo, porque ultimamente ſe han medido varios Montes de los mas elevados de Europa geometricamente ſobre la ſuperficie del Mar, y no ſe han encontrado de tal elevacion. Segun *M. Caſsini*, el *Canigou*, ò de otra ſuerte el *Canigo* en los Perineos es de 1440 toeſas. Los mas altos Montes, que ſe conocen en Europa ſon los de los *Cantones*: en el de *Berna*, ſegun las *Philoſophicas Tranſacciones* numero 406, ſe halla el llamado *Gemmi*, que medido geometricamente, ſe hallò de 1685 toeſas. Segun el *P. Feüilée* el *Pico de Tenerife* tiene de altura 2193 toeſas, que yà es mucho mayor, que las antecedentes de Europa; pero ſin embargo no llega à la de *Pichincha*. La eminencia de eſte Cerro debe parecer ſegun eſto exceſsiva à los Europèos; y mucho mas la del *Chimborazo*, Cerro nevado continuamente, y proximo à la Villa de *Riobamba*, que ſegun mi computo tiene de altura ſobre la ſuperficie del Mar 3380 toeſas, que hacen mas de legua Maritima.

(°°)



# LIBRO VI.

## De la Velocidad del Sonido.

### CAPITULO I.

*De las experiencias ſobre dicha Velocidad.*

ESTà generalmente recibido entre los Phyſicos, que el Sonido nace del movimiento vivo, y vibritorio del Cuerpo ſonoro, que comunicandole à el fluìdo, que le circunda, le conmueve en repetidas ondas, exparciendolas circularmente haſta herir los organos del oìdo. La experiencia nos ha enſeñado, que la translacion de eſtas ondas, deſde el Cuerpo ſonoro haſta el oìdo, no ſe hace ſubitamente, ſino por movimiento progreſsivo; pueſto, que el mas proximo al Cuerpo, oye primero el Sonido, que el mas diſtante: la velocidad pues, con que eſtas ondas corren, es lo que vulgarmente llamamos velocidad del Sonido; ſobre la qual ſon varias las queſtiones, que ſe han ſuſcitado, y las experiencias, que ſe han hecho; pero el que mas amplia, y delicadamente ha tratado eſte punto, es *M. Derham*, como ſe vè en las *Philoſophicas Tranſacciones* n. 313, quien propone las dificultades ſiguientes.

1. Quanto es lo que anda el Sonido en un ſegundo, ò mas de tiempo.

2. Si el Sonido viene con mas velocidad al Obſervador, haviendoſe diſparado por exemplo un Cañon con la boca àcia èl, que por el lado contrario.

3. Si el Sonido anda iguales diſtancias en iguales tiempos, en todos eſtados de la Atmoſphera, ò alturas del Barometro.

4. Si ſe mueve con mas velocidad de dia, que de noche.

5. Si andan mas teniendo el Viento favorable, que contrario: y de haver alguna diferencia, quanta ſea.

6. Si anda con mas velocidad en tiempo de Calma, que en el de Borraſcas, ò Vientos violentos.

7. Si el Viento de travesìa, ò tranſverſal accelera, ò retarda ſu movimiento.

8. Si el Sonido tiene el miſmo grado de velocidad en Verano, que en Invierno.

9. Si ſucede lo propio nevando, que en tiempo ſereno.

10. Si el Sonido fuerte tiene la miſma velocidad, que el dèbil.

11. Si el Sonido de un Cañon ſe mueve con igual velocidad à todos grados de elevacion del Cañon.

12. Si las diferentes fortalezas de la Polvora alteran la velocidad del Sonido.

13. Si la velocidad es la miſma à todas las alturas encima de la ſuperficie de la Tierra.

14. Si es tambien la miſma viniendo el Sonido de arriba à abaxo, ò de abaxo à arriba: eſto es, de lo alto de un Cerro al Valle, ò al contrario.

15. Si todas las eſpecies de Sonidos, como de Cañones, Campanas, Martillos, &c. tienen la miſma velocidad.

16. Si el Sonido anda mas al principio de ſu movimiento, que al fin.

17. O ſi ſe mueve igualmente, andando iguales eſpa-

pacios en iguales tiempos.

18. Si ſe mueve igualmente en todas las Regiones: eſto es, en los climas Septentrionales, y Meridionales.

19. Si anda por el mas corto camino: eſto es, en linea recta, ò ſegun la curvidad de la ſuperficie Terraquea.

A varias de eſtas queſtiones diò exacta ſolucion *M. Derham*, por repetidas experiencias hechas en Inglaterra, à diſtintas ſazones, y tiempos, con diſtintos Cañones, Moſquetes, y Campanas, diſtantes deſde una haſta 8 millas, colocado todo de diverſas maneras: y reſolviò, que el Sonido anda iguales eſpacios en iguales tiempos: eſto es, 1142 pies Ingleſes en un ſegundo: y lo miſmo de qualquier cuerpo que ſea, en todas ſazones, y tiempos, yà ſea en Verano, ò en Invierno, de noche, ò de dia, en Calma, ò en Borraſca, con Viento tranſverſal, ò ſin èl, que ſea fuerte, ò dèbil: con Polvora mas, ò menos fuerte, y yà diſparando el Cañon por qualquier lado que ſea, y con diſtinta inclinacion; ſolo sì, lo que encontrò alterar eſta regla fuè el Viento favorable, ò contrario, pues el primero hallò aceleraba la velocidad del Sonido, y el ſegundo, que la retardaba.

Las unicas quatro queſtiones, que parece no pudo exactamente reſolver ſon las 13, 14, 18, y 19; pues para la 13, y 14 neceſsitaba hacer la experiencia en elevadiſsimos Cerros; y tales, que fuera ſenſible ſu altura, è inclinacion, de lo qual carecìa la Inglaterra. Para la 18, de hacer la experiencia igualmente en Climas muy apartados, yà à el Septentrion, ò yà à el Medio dia; pues aunque quiſo determinarla, por la comparacion de ſus experiencias, con las que hizo la *Academia del Cimento en Italia*, no diſcurro ſe pueda dàr à eſto la mayor ſeguridad, reſpeto de lo

po-

poco que diſtan eſtos Paìſes. Para la 19, era preciſo hacer experiencias en diſtancias mas conſiderables, que las que empleò, para que fueſſe ſenſible la curvidad de la Tierra; y como en tal caſo no ſe oyera el Sonido, parece dificil de determinar la queſtion.

Iguales operaciones hicieron ultimamente en Francia *M. M. Caſsini de Thury*, *Maraldi*, y el Abate de *la Caille*, empleando para las experiencias mayores diſtancias, à fin de obtener mayor exactitud, como ſe vè en las *Memorias de la Academia de las Ciencias de Parìs* del año 1738 pagina 128: por las quales determinaron las miſmas condiciones que *M. Derham*; con ſola la diferencia de darle al Sonido de velocidad 173 toeſas del piè de Rey de *Parìs* por ſegundo, en lugar de 1142 pies Ingleſes, que equivalen à $178\frac{1}{2}$ de aquellas toeſas.

Otras muchas experiencias ſe han hecho por diſtintos Obſervadores, como las yà citadas de la *Academia del Cimento*, las de *M. M. Hamſteed*, *Halley*, y otras; pero las mas acreditadas ſon las antecedentes, que ſin embargo ſe diferencian en $5\frac{1}{2}$ toeſas: lo qual ciertamente procede, del methodo que emplearon, en hacer las operaciones, los unos ſirviendoſe de mas exactas medidas geometricas, è Inſtrumentos mas juſtos para medir el tiempo, que los otros; à lo qual como à las crecidas diſtancias en que hicieron las experiencias, puſo la mayor atencion *M. de Thury*, facilitandoſelo todo, la ocaſion de repetir la medida de la Meridiana en Francia.

Como nueſtra eſtacion en el Reyno de *Quito* nos ofrecìa la miſma comodidad, nos pareciò, que debiamos aprovecharnos de ella, para examinar, y reſponder à la 13, y 18 queſtion de *M. Derham*. A la 13 por hallarſe *Quito*

1517 toesas sobre la superficie del Mar, y no elevarse el Mercurio en el Barometro mas que hasta 20 pulgadas 1 linea, como se viò en el Libro antecedente; y à la 18 por estàr casi sobre el Equador.

Por este motivo resolvimos hacer dichas experiencias, empleando la mayor distancia que fuesse possible; y por esto, en tiempo que *M. de la Codamine*, y yo haviamos passado à *Lima*, hallandose el resto de la Compañia detenida en lo tocante à la medida de la Meridiana, deliberaron los de ella, hacer la experiencia, poniendo un Cañon de 4 pies y medio de largo, y de 8 à 9 libras de Bala en la Cumbre del Monte, que llaman el *Panecillo*, al piè del qual està la Ciudad de *Quito*, y sirviendose de la distancia de este Monte al de *Pumbamarca*, (que està mas allà del Pueblo llamado el *Quinche*) y es de 19300 à 19400 toesas. Pusose la operacion en practica, pero jamàs se pudo oìr desde *Pambamarca* el estallido del Cañon puesto en el Panecillo: lo que se discurriò por entonces lo causaría el Viento: y se dexò la operacion, para hacerla de nuevo en mejor ocasion.

El dia 31 de Agosto de 1737 estando *M. Godin*, y yo en dicho Monte de *Pambamarca*, donde haviamos ido à tomar los angulos de la Meridiana, que se formaban allì, resolvimos hacer de nuevo la experiencia, haviendose antecedentemente dado las providencias necessarias en quanto à lo que debìan hacer, los que disparaban el Cañon en el *Panecillo*; y antes que llegasse la noche se dirigiò un anteojo à el Cañon, para vèr por èl con mas individualidad el instante, en que se inflamaba la Polvora.

Llegò la hora de la Observacion, à que assistimos con todo cuydado, y aunque se vieron distintamente dos llama-

maradas, no percebimos tiro alguno. Como el Viento que corrìa era ſuave, atribuìmos eſte defecto à las muchas eminencias, y profundidades, que entre uno, y otro Monte tiene aquel terreno, en donde ſe perdìa ſin duda el Sonido, reflectando en las Quebradas, que ſe hallan de mas de 100 toeſas de hondo, y en los Montes eminentes; pues el de *Pambamarca* donde nos hallabamos tiene 883½ toeſas de altura, contadas deſde el llano ſobre que ſe eleva.

No haviendo podìdo lograr la experiencia en diſtancia tan grande, ſe reſolviò hacerla en otra menor: y el dia 10 de Julio de 1738 *M. Godin*, y yo paſſamos à una Hacienda, de los Padres Aguſtinos, que eſtà en el extremo Septentrional del llano de *Añaquito*, cercana à el camino Real de *Guayabamba*, de donde pretendiamos hacer la obſervacion; mientras *Don Antonio de Ulloa*, y *M. Bouguer* fueron à la Hacienda de *Saguanche*, que eſtà à el lado opueſto del *Panecillo*, con el miſmo deſignio; quedando unos, y otros con corta diferencia igualmente diſtantes del Cañon.

Puſimos un Pendulo de medios ſegundos en movimiento, à el abrigo del Viento, para que no le impidieſſe èſte hacer las oſcilaciones iguales: eſtabamos al miſmo tiempo en parage, que pueſtos debaxo de èl, de ſuerte, que oìamos perfectamente los golpes de los medios ſegundos, veìamos tambien claramente el *Panecillo*, y ſitio donde eſtaba en èl el Cañon. Nos colocamos inmediatos, atendiendo, para empezar à contar cada uno para sì, deſde el inſtante de la inflamacion de la Polvora, haſta oìr el Sonido: y deſpues comunicandonos las Obſervaciones, que no ſe diferenciaron jamàs de medio ſegundo, tomamos un medio entre las dos.

Se diſpararon cinco Cañonazos, los tres primeros àcia los otros Obſervadores, que eſtaban à la parte del medio dia; el quarto àcia noſotros; y el quinto ſe diſparò, pueſto el Cañon verticalmente: cuyas varias poſiciones ſe le dieron, por vèr ſi reſultaba de ello alguna diferencia.

Las Obſervaciones: eſto es, los tiempos, que el Sonido empleò en correr la diſtancia deſde el Cañon à el ſitio, en que nos hallabamos, ſon como ſe ſiguen.

| | | |
|---|---|---|
| Primer tiro | 65 | |
| ſegundo | $66\frac{1}{2}$ | |
| tercero | 66 | Tiempo, que gaſtò el Sonido en llegar à el oìdo, en medios ſegundos. |
| quarto | 66 | |
| quinto | 66 | |

El no hallar diferencia ſenſible en eſtas cinco Obſervaciones, ſatisface plenamente à la 2, y 11 queſtion de *M. Derham.*

En las tres ultimas ſiempre convenimos: eſto es, ambos encontramos el miſmo numero 66; y como el 65, y $66\frac{1}{2}$ tengan con corta diferencia ſu medio en 66, nos atuvimos à eſte numero, tomandole como el verdadero, que empleò el Sonido en correr la diſtancia deſde el Cañon à nueſtro oìdo.

Eſte tiempo debía en rigor aumentarſe, del que gaſta la Luz en andar deſde el Cañon à el Obſervador; pero en la practica es totalmente deſpreciable: porque ſegun las Obſervaciones de los Satelites de Jupiter de *M. Roemer*, la Luz ſolo tarda en venir deſde el Sol à noſotros de 7 à 8 minutos.

Finalizada la operacion reconocimos, que el Viento era contrario al movimiento del Sonido, y juzgamos, que podía andar dos toeſas por ſegundo: por cuyo motivo ſe

de-

debe ſuponer, que en el ſitio donde obſervamos, el Viento atraſſaba el Sonido dos toeſas por ſegundo. En el *Panecillo*, donde eſtaba el Cañon, nos advirtieron, que hacìa Calma; con que en eſte ſitio no ſe atraſſaba coſa alguna el Sonido: puedeſe pues ſuponer tomando un medio, que generalmente ſe atraſſaba el Sonido una toeſa por ſegundo.

*Don Antomio de Ulloa* deſde *Saguanche* hizo las propias Obſervaciones, por medio de un Perpendiculo de 36 pulgadas $6\frac{4}{5}$ lineas del piè de *Parìs* de largo: colocado de ſuerte, que atendiendo à ſus Oſcilaciones, veìa al miſmo tiempo el ſitio en donde eſtaba el Cañon en el *Panecillo*: y fueron como ſe ſigue.

| | | |
|---|---|---|
| Primer tiro | 76 | Tiempo, que gaſtò el Sonido en llegar à el oìdo, en medios ſegundos. |
| ſegundo | $76\frac{1}{2}$ | |
| tercero | 77 | |
| quarto | 77 | |
| quinto | 76 | |

Tomando un medio entre eſtas cinco Obſervaciones, tendrémos $76\frac{1}{2}$ ſegundos por el tiempo, que empleò el Sonido en andar deſde el Cañon haſta la Hacienda de *Saguanche*: en cuyo intervalo el Viento no le interrumpiò ſu velocidad, reſpeto de haverſe experimentado en todo èl una perfecta Calma.

Para concluir ahora el camino, que hace el Sonido en un ſegundo de tiempo, nos falta determinar la diſtancia deſde la Hacienda de los Padres Aguſtinos al Lugar en que en el *Panecillo* eſtaba el Cañon, y aſsimiſmo la que havìa de èſte à *Saguanche*. Para eſte efecto nos valímos de una Baſe, que teniamos medida en *Quito* de 296 toeſas 1 piè, y $3\frac{1}{2}$ pulgadas, concluìda con la mayor preciſion: pues ſu pri-

primer deſtino fuè el de examinar con ella las diviſiones de nueſtros Quartos de circulo: para lo qual nunca eſtà de ſobra aun la mayor exactitud. Con eſte fundamento, y tres triangulos, que ſe formaron, cuyos angulos obſervamos con el Quarto de circulo, concluì la diſtancia, deſde el ſitio del Cañon en el *Panecillo*, al parage donde obſervamos en la Hacienda de los Padres Aguſtinos, de 5736 toeſas: y *Don Antonio de Ulloa* de la miſma ſuerte determinò, que la Hacienda de *Saguanche*: eſto es, el ſitio donde obſervò, diſtaba del Cañon 6820 de las miſmas toeſas.

Partiendo las 5736 toeſas por los 66 medios ſegundos, que tardò el Sonido en ir deſde el *Panecillo* à la Hacienda de los Padres Aguſtinos, ſe hallarà, que el Sonido corriò à razon de $173\frac{9}{11}$ toeſas por ſegundo. De la miſma ſuerte dividiendo las 6820, por los $76\frac{1}{2}$ medios ſegundos, que tardò igualmente el Sonido en ir deſde el Cañon à *Saguanche*, ſe hallarà, que corriò à razon de $178\frac{46}{153}$ toeſas por ſegundo, ò 178 juſtas.

Si atendémos ahora, ſegun dixe, à que el Viento detuvo el Sonido en mi experiencia una toeſa por ſegundo; las $173\frac{9}{11}$ deben ſer $174\frac{9}{11}$, ò 175 deſpreciando el corto quebrado.

Como eſtas experiencias dèn igual determinacion à la velocidad del Sonido, que las de *M. Derham*, y *M. Caſsìni de Thury*, quedan ſatisfechas plenamente las queſtiones 13, y 18.

Aſsimiſmo ſe vè, que acreditan la Theorica dada por *M. Newton* en ſu obra *Philoſophiæ natalis prin. Mathematica.* Eſte Author dice en el Lib. 2 Corolario 2 propoſicion 49, que las velocidades de los impulſos, ò de las undulaciones, ſon en razon compueſta de la ſubduplicada, è inverſa

de

de la denſidad del fluìdo, y de la ſubduplicada directa de ſu elaſticidad. Suponiendo pues,

$$\left.\begin{array}{l} V \\ D \\ E \end{array}\right\} = \text{à la} \left\{\begin{array}{l} \text{velocidad del Sonido} \\ \text{denſidad del Ayre} \\ \text{elaſticidad del Ayre} \end{array}\right\} \text{en Europa}$$

$$\left.\begin{array}{l} v \\ d \\ e \end{array}\right\} = \text{à la} \left\{\begin{array}{l} \text{velocidad del Sonido} \\ \text{denſidad del Ayre} \\ \text{elaſticidad del Ayre} \end{array}\right\} \text{en } \textit{Quito}$$

tendrémos ſegun *M.Newton* $V : v = d^{\frac{1}{2}}E^{\frac{1}{2}} : D^{\frac{1}{2}}e^{\frac{1}{2}}$: pero en igual grado de Calor, ò Frio (quienes ſegun las experiencias de *M. Derham* no alteran la velocidad del Sonido)

$D : d = E : e$, luego $D^{\frac{1}{2}} = \frac{d^{\frac{1}{2}}E^{\frac{1}{2}}}{e^{\frac{1}{2}}}$: cuyo valor poniendolo en la proporcion primera, ſe reducirà à $V : v = d^{\frac{1}{2}}E^{\frac{1}{2}} : d^{\frac{1}{2}}E^{\frac{1}{2}}$: eſto es, la velocidad del Sonido en Europa, igual à la miſma en *Quito*, que es lo que ſe ha concluìdo por las experiencias.

La queſtion 14 es dificultoſo examinarla en diſtancia conſiderable, y que ſe pueda tener por ſegura; pero reſpeto de haverſe determinado, que à todas alturas de la Atmoſphera el Sonido anda lo propio, es muy dable, que le ſuceda lo miſmo, aunque ſea corriendo por qualquiera plano inclinado. Sin embargo, eſto no tendrà lugar ſegun la Theorica de *M.Huguens*, y el *Doctor Grandì*, quienes ſuponen, que las ondas del Sonido deben padecer refraccion como los demàs cuerpos, paſſando de un medio mas denſo à otro, que lo es menos, y eſtenderſe en eſte caſo en lineas Hyperbolicas, las quales no pueden diſtar igualmente de ſu Centro, ò cuerpo ſonoro.

CA-

## CAPITULO II.

*Aplicacion del movimiento progressivo del Sonido à algunos casos de Geometrìa, y Navegacion.*

ADemàs de la utilidad, que saca la Phisica de las experiencias hechas del Sonido, pueden adquirir alguna la Geometrìa, y la Navegacion, por el methodo inverso: en aquella se midieron distancias para concluir la velocidad del Sonido; y en èstas nos valdrémos de la velocidad yà determinada, para concluir distancias, en varios casos muy necessarias.

No es menester para este efecto mas, que valerse de una Muestra de segundos, y de la ocasion en que se dispare, ò haga disparar Cañon, Fusil, ù otro qualquier Instrumento: pues observando con la Muestra el tiempo, ò segundos, que passaren desde el instante de la inflamacion de la Polvora, hasta que se oyga el Sonido, y multiplicandoles por 175, se tendrà lo que dista el Cañon del Observador en toesas del piè de Rey de *Parìs*: de las quales 2850 hacen en España una legua de 20 en grado.

Puede aplicarse esta practica à la determinacion de las Bases necessarias à los Planos, que se levantan, midiendolas de la mayor longitud, que fuere dable: pues con ello no solo se evitarà parte del corto yerro, que puede producirse, pero una gran molestia, y pèrdida de tiempo. El caso mas propio de esta especie, es, quando una Esquadra, fondeada en una Baìa, ò Rada enemiga, quiere levantar el Plano de ella, sin poner el piè en tierra: porque si de dos Navios distantes se relevan con la Aguja todos los puntos ne-

necessarios, y se mide la distancia de los primeros por el Sonido, quedarà con gran facilidad hecho el Plano deseado.

Con semejante operacion se puede hacer el Mapa del estado, ò disposicion de una Armada Naval, en qualquier desembarco, colocando cada Navio en su verdadero sitio, para que se vea la forma, y orden, que se guardò, y hallò toda la Armada; y esto con suma facilidad: pues ofreciendosele al Comandante de ella disparar varias veces Cañonazos, se pueden aprovechar de ellos para la medida de la Base.

Quando navegan de noche algunos Navios, en conserva, pueden hacer igual operacion en varias ocasiones, para saber lo distante, que se halla su Comandante; y mas en un temporal, donde no se quiere estàr, ni muy proximo, ni muy distante de èl.

Lo mismo digo para evitar la Tierra, yà sea por haverse empeñado, ò acercado mucho à ella un Navio, yà sea por verse obligados à anclar de noche, ù otras casualidades: para las quales fuera bueno quedassen instruìdos los del Puerto, ò Costa, pues por medio de disparar algunos Fusilazos, ò Cañonazos, evitaràn la pèrdida de algunas embarcaciones.

Otros muchos casos semejantes pueden ofrecerse, en quienes el Sonido sea muy apreciable, pero discurro, que los referidos son suficientes, para comprehender, como se deba aplicar à los demàs, y quan utiles sean las referidas experiencias.

(·.·)

LI-

# LIBRO VII.

## De la medida del grado de Meridiano contiguo à el Equador en el Reyno de *Quito.*

## SECCION I.

### *Determinacion de la medida geometrica ſegun mis Obſervaciones.*

## CAPITULO I.

### *Medida de la Baſe fundamental del Llano de* Yaruquì.

DEſpues de haverſe ampliamente tratado en la Introduccion ſobre los motivos, que obligaron à dudar de la Figura eſphérica de la Tierra, que muchos años ha ſe tenía recibida, y hecho vèr, que el mejor modo de reſolver, ò determinar la verdadera conſiſte, en medir con la mayor juſtificacion, que fuere dable, las longitudes de dos grados de Meridiano terreſtre, el uno lo mas proximo, que ſe pudiere al Polo, y el otro ſobre el Equador, para que con eſto, ſi ſe hallare alguna diferencia en ellas, ſea ſenſible à los Obſervadores, y no ſe les confunda con los yerros, que pueden producir los Inſtrumentos, pues de eſta diferencia ſe debe concluir la verdadera Figura de la Tierra, como queda notado en la Introduccion à eſta Obra;

Obra; donde ſe dixo, que para que la tal Figura de la Tierra ſea Eſphérica, la diferencia en grados debe ſer ninguna, para que ſea longa debe exceder el grado del Meridiano en el Equador à el inmediato à el Polo; y al contrario para que ſea lata: parece, que no nos queda mas que advertir, ſino el methodo, que nos propuſimos de medir el del Equador, à que fuímos deſtinados, y entrar luego en las operaciones, que ſe practicaron.

El modo mas exacto, que haſta al preſente ſe conozca, de concluir la longitud de los grados terreſtres, conſiſte, en medir geometricamente, con buenos Inſtrumentos un terreno de 60, 80, ò mas leguas, que corra Norte Sur, el qual no ſerà mas que una porcion, ò arco de Meridiano terreſtre: y deſpues averiguar Aſtronomicamente, con Inſtrumentos aùn mas juſtificados, que los primeros, la diferencia en Latitud de los dos extremos de dicho terreno, que ſe llama *amplitud del arco*: pues partiendo las toeſas, ò varas, que comprehendiere el terreno, ò arco del Meridiano, por los grados de la amplitud del miſmo arco, debe venir al quociente el valor del grado terreſtre.

Las mas de las veces ſucede, que no ſe halla en el terreno la diſpoſicion conveniente para poderle medir exactamente Norte Sur, pues los Montes, que ſe interponen, obligan à deſviarſe à un lado, ò à otro; y en tal caſo la medida no es perfectamente un arco de Meridiano; pero ſe reduce facilmente, como es bien ſabido, aquélla à èſte, por medio de las operaciones trigonometricas, ſin que quede en ello el menor yerro.

Eſte fuè pues el modo, que nos propuſimos de medir nueſtro grado contiguo à el Equador; y para ponerle en practica, nos pareciò dàr principio por la medida geome-

trica, y à èſta, por la de una Baſe fundamental. Para eſte efecto, deſde nueſtro arribo à *Quito*, ſe procuraron examinar todos los llanos adequados à el intento; pero entre los varios que ſe preſentaron, lo fuè mas por ſu uniformidad el de *Yaruquì*, en quien ſe tomò por Baſe, la diſtancia deſde la Hacienda de *Oyambàro*, haſta el extremo de la de *Carabùru*, cuya llanura es muy unida, aunque con alguna inclinacion; y ſolo ſe hallaba en las cercanìas de *Oyambàro* una Quebrada de 9 toeſas de ancho, cuyo corto obſtáculo no era de momento alguno.

Procuramos linearle *M.M. Bouguer, la Condamine*, y yo, (interin ſe unia el reſto de la Compañia, que ſe hallaba en *Cayambe*) poniendo Señales à poco mas de 600 toeſas las unas de las otras, para guiar por ellas la medida en linea recta: en que tambien conſiſtìa lo exacto de la obra: de cuyas poſiciones quedamos aſſegurados, por cubrirſe exactamente las unas con las otras, quando nos poniamos en ſu direccion.

Deſpues de incorporada toda la Compañia, con los Inſtrumentos neceſſarios para medir la Baſe, yà lineada, pareciò mas conveniente, para la ſeguridad de la operacion, medirla ſeparadamente por dos partidos, en que ſe dividieſſe la Compañia: el uno que la midieſſe de *Carabùru* à *Oyambàro*, mientras el otro lo hacìa de *Oyambàro* à *Carabùru*: dexando la confrontacion de medidas, para deſpues de concluídas.

Con eſto *M. M. Bouguer, la Condamine*, y *Don Antonio de Ulloa* empezaron la medida deſde *Carabùru*, y *M. Godin*, y yo deſde *Oyambàro*: en cuyo principio ſe hizo una gran Señal, ſemejante à las que ſe fueron colocando deſpues en todo el extendido de la Meridiana, y à la que ſe vè en la fi-

figura 1 [a]; debaxo de la qual se puso una piedra de Molino, y sobre èsta, se hizo justamente en el parage donde caìa la vertical del Vertice de la Señal un pequeño punto, que sirviò de principio à la medida de la Base: diligencia que se practicò igualmente en el otro extremo. a Lam. 6

No era menos importante, para la exactitud de la medida de la Base, el methodo con que se debía hacer èsta, pues el corto yerro de una linea en cada 10 toesas, produciría otro considerable de casi 61 de èstas en el grado. Esta consideracion no solo nos obligò à tomar entonces todas las precauciones, que pudimos precaver, sino à hacer ahora relacion de ellas, para que se satisfaga el que leyere.

Hicieronse tres perchas de tres pulgadas de gruesso en quadro, largas de 20 pies cada una, de madera bien seca, para que fuessen poco sensibles en las intemperies, y no faciles à tomar otra figura, que la recta; y en sus extremos se le clavaron planchas de Cobre de linea y media de gruesso (como se vè en la figura 2) para que estuviessen bien terminadas.

Para el govierno, y manejo de estas perchas al colocarlas en la direccion de la Base, y horizontalmente, se hicieron unos Cavalletes, semejantes con corta diferencia, à los que describe *M. Cassini* en su *medida de la Tierra* pag. 100: sobre los quales se situaban, y daban todos los movimientos necessarios; pero con tanta lentitud, y trabajo, que nos fuè preciso abandonarlos: desde cuya resolucion, fueron varias las idèas, que se nos presentaron, para su mejor construccion, las quales poniamos prontamente en practica, è ibamos succesivamente reformando, hasta que practicamos los Cavalletes de Pintor, que se vèn en la figura 3, los quales no solo se manejaban con prontitud, pero

guardaban firmemente las perchas en la ſituacion, que ſe ponian. Conſiſtian en tres palos taladrados en ſus extremos, por donde paſſaba una clavija *a*, que ſervìa de exe, tanto para mantenerles juntos, quanto para poner el piè del medio atràs, y los otros dos adelante: en *b* havìa clavada una ſortija, por donde paſſaba un cordel delgado, con cuyo extremo ſe ataba la percha prontamente, por medio de un ojal, y un boton, quedando el otro extremo firme en la clavija *d*: y bolteando èſta ſubía, y baxaba con ſuavidad la percha lo neceſſario.

El canto, ò extremo de la primera percha ſe ponía perpendicularmente ſobre el punto, de donde ſe empezaba à medir, por medio de un aplomo, que ſe dexaba caer
[a] Fig. 4 de un hilo muy delgado A[a], que tocaba el piquete, donde ſe havìa dexado la obra el dia antecedente, y ſe empezaba aquel dia à proſeguir: colocabaſe la percha en la direccion de la Baſe, por medio de otro aplomo, que ſe tenìa en la mano; de lo qual ſe havìa encargado *M.Godin*, mientras yo procuraba ſituarla horizontalmente, por medio de un Nivèl de Viento, que ponìa encima de una regla de dos varas de largo, muy acepillada, y exacta, para evitar con ella las tenues deſigualdades de la percha.

Pueſta la primera percha, ſe colocaba la ſegunda, y tercera, en ſemejante methodo; haciendo ſe tocaſſen con prolixidad por ſus extremos, para que no ſe movieſſen de la ſituacion en que eſtaban; y ſe diſponìan como ſe vè en la figura 4: deſpues de lo qual, ſe paſſaba la mas atraſſada adelante, y ſe iba ganando terreno; de ſuerte, que ſiempre ſe veìan dos perchas ſin movimiento, y otra, que ſe eſtaba diſponiendo en linea, para ir abanzando en la medida.

La

La *Toesa* de hierro, que llevò *M. Godin* de *Parìs* iba siempre con nosotros, la qual estaba marcada con gran prolixidad, y se ponìa siempre à la sombra, donde ni el Sol, ni el agua la maltratassen, y con el Thermometro à su lado, para que nos diessen el grado de calor, ò frio, que obtenìa, y se le pudiessen hacer las correcciones essenciales sobre este punto.

Todos los dias se median dos y tres veces las perchas, estando en una linea recta, tomando con un Compàs de vara la longitud de la *Toesa* con la mayor precision, y se iba transfiriendo sobre las perchas, en las quales se havìan clavado tachuelas en los puntos donde caìa la punta del Compàs, para señalar sobre las cabezas exactamente cada toesa: y siempre que se encontraba diferencia en la longitud de las perchas (que tenìan todas tres juntas en linea, 10 toesas) se hacìa la correccion de añadir, ò substraer, lo que se havìa notado; teniendo cuydado de quitar la corta diferencia, que causaba el Compàs al medir las dos ultimas toesas de los extremos; pues como las planchas de cobre estaban mas baxas, que la superficie de las perchas, las dos ultimas toesas se median inclinadas, y reducidas al plano, en que se medìan las otras, havìa $\frac{2}{27}$ de linea de correccion.

Siempre que el terreno iba declinando, y que las perchas, por haverlas de llevar horizontales, se hallaban muy altas, ò baxas en los Cavalletes, se restituían à su lugar, por medio de un aplomo, en la conformidad, que he dicho se operaba, quando se empezaba diariamente la medida, ò se finalizaba; dexando todas las noches un piquete bien clavado, en el qual teniamos marcado con un punto, el sitio donde havia quedado la medida.

La

La obra ſe fuè haciendo, con quanta delicadeza ſe pudo emplear, empezando el dia 8 de Octubre de 1736: y eſtuvimos ocupados en ella, haſta 5 de Noviembre; pero todos los dias ſe abanzaba con mayor diligencia, pues ſi el primer dia no medimos mas de 40 toeſas, en los ultimos medimos 520, habilitados yà con la continuacion del trabajo, y quitados en los primeros dias los impedimentos.

Medimos deſpues la pequeña Quebrada por geometrìa, tomando los angulos con una plancheta; ſu anchura era ſolo de 9 toeſas: y agregada à la medida de las perchas, y hechas todas las correcciones preciſas, hallamos la Baſe en linea horizontal de 6272 toeſas, 4 pies, 2 pulgadas, y dos lineas.

Como ſe verà deſpues en la Seccion ſegunda, *Don Antonio de Ulloa*, con *M. M. Bouguer*, y *la Condamine* la concluyeron de 6272 toeſas, 4 pies, y 5 pulgadas, que no difiere de nueſtra determinacion mas que en dos pulgadas diez lineas; lo qual no sè ſi dependerà de caſualidad, ò exactitud: porque para quitar el eſcrupulo, que podìa haver por la comunicacion diaria de medidas, no ſe hizo mas de una, deſpues de concluìda la Baſe, en papeles reciprocos, dados al miſmo tiempo.

La diferencia aunque corta de las dos determinaciones, fuè preciſo dividirla, y tomar un medio entre las dos medidas: de ſuerte, que eſtablecimos la Baſe de 6272 toeſas, 4 pies, $3\frac{1}{2}$ pulgadas, que es la diſtancia horizontal deſde la Señal, que ſe hizo en la piedra de Molino, colocada en *Oyambàro*, haſta la Señal en la piedra de Molino, colocada en *Carabùru*.

Con eſta diſtancia horizontal eſtablecida, era preciſo con-

concluir la diſtancia en linea recta deſde la Señal de *Oyambàro* à la de *Carabùru*, para que tomada como Baſe fundamental, pudieramos, por el medio de obſervar angulos en varias Señales, ſituadas en los lugares mas ventajoſos, formar una ſérie de triangulos, que determinaſſen la Meridiana.

Si el terreno, en que medimos la Baſe, huviera ſido uniforme, ò eſtado todo en un miſmo plano, la diſtancia eſtablecida, fuera la de la horizontal, que paſſa por la mitad de la elevacion de *Oyambàro* ſobre *Carabùru*; pero como el terreno no ſe hallaba en el miſmo plano, como lo monſtraba patentemente ſu viſta, fuè neceſſario, aſignar la Baſe medida à otra elevacion, que la dicha. *M. Godin*, y yo en varias ocaſiones, que premeditamos eſte punto, juzgamos, (reſpeto de aproximarſe mas el terreno à la horizontal de *Carabùru*, que à la de *Oyambàro*) que la diſtancia medida podia, ſin yerro ſenſible, eſtablecerſe à un tercio de la elevacion de *Carabùru* à *Oyambàro*, pues diez toeſas de mas, ò menos elevacion, no aumentan, ni diſminuyen la Baſe, mas que de $\frac{1}{50}$ de toeſa con corta diferencia: por lo que eſcuſamos con mucha razon, el tomar, ù obſervar las varias inclinaciones del llano, para deducir por ellas la horizontal, que era la medida hallada: pues mas huviera ſido prolixidad, y pèrdida de tiempo, que utilidad.

La altura de *Oyambàro* viſta deſde *Carabùru*, y la depreſſion de *Carabùru* viſta deſde *Oyambàro* fueron obſervadas con el Quarto de circulo, el año 1736, varias veces: *M. Bouguer* daba la depreſsion de *Carabùru* deſde *Oyambàro* de 1° 12′ 20″; la qual no hallabamos *M. Godin*, y yo, mas que de 1° 11′ 45″: cuya variedad nos hizo examinar de nue-

nuevo el año 1737 las dos inclinaciones de los extremos de la Baſe, tomando para ello la precaucion (que guardamos en toda la medida de la Meridiana) de poner objetos en ambos extremos à la altura del Centro del Quarto de circulo, para que en ambas Obſervaciones, la viſual del anteojo fueſſe la miſma: y poniendo todo cuydado, hallamos de *Oyambàro*, *Carabùru* depreſſo $1^{\circ}\ 11'\ 35''$
y de *Carabùru*, *Oyambàro* elevado $1\ \ 6\ \ 30$

Con eſtos datos, para hallar la diſtancia directa de un extremo à otro de la Baſe, ſean

[a] Fig. 5 Lam. 7 C[a] *Carabùru*

O *Oyambàro*

T el punto en la Tierra à donde ſe juntan las perpendiculares, tiradas à los Horizontes de los Lugares C y O, ò el Centro de la Tierra.[b]

ED la horizontal medida de $6272^{t}.\ 4^{p}.\ 3\frac{1}{2}^{p}$, que ſe ſupone paſſar por el tercio de la altura HO de *Oyambàro* ſobre *Carabùru*.

Y ſiendo CB perpendicular à TC, el angulo BCO ſerà el de altura, obſervado en *Carabùru* de $1^{\circ}\ 06'\ 30''$: y aſsimiſmo ſiendo FO perpendicular à OT, el angulo FOC ſerà el de depreſsion, obſervado en *Oyambàro* de $1^{\circ}\ 11'\ 35''$.

Por lo qual ſerà en angulo $COT = 88^{\circ}\ 48'\ 25''$

y el angulo $OCT = 90^{\circ} + BCO = 91\ \ 06\ \ 30$

Eſtos

*b.* Eſtas perpendiculares en la ſupoſicion de no ſer la Tierra una Eſphera, no ſe juntan en ſu centro, à menos que la direccion de la Baſe CO no ſea paralela à el Equador; y en la ſupoſicion de ſer la Tierra Lata, y nombrando ſu Exe 1, y el Diametro del Equador A, ſi la Baſe, ò lado corre ſegun el Meridiano, las perpendiculares ſe juntaràn, en las cercanìas del Equador donde medimos, à una diſtancia, expreſſada por $\frac{1}{A}$; pero que ſe junten à uno, ù otro punto, induce muy poco yerro en la medida, no tan ſolo de la Baſe, pero de qualquiera de los mayores lados de la Meridiana, ſiendo el mayor, que ſe puede cometer, de ſolas 2. lineas.

Eſtos dos angulos, con el formado en T, han de hacer dos rectos; por lo qual con tomar el ſuplemento de los dos primeros, ſe concluirà el angulo en T; pero para verificar las Obſervaciones de los dos angulos antecedentes, ſerà bueno hallar el angulo en T por otro methodo.

Si la figura de la Tierra no es Eſphérica, las lineas CT, y OT pueden juntarſe à mayor, ò menor diſtancia del centro, ſegun la figura, que ſe le quiſiere aſignar: por lo que puede haver variedad en el angulo CTO; pero qualquiera figura, que ſe ſuponga de las que los Authores modernos la atribuyen, induce muy poco yerro en dicho angulo; y no puede ſubir à mas de 5 ſegundos: por lo qual me parece, que para la mayor brevedad, ſe puede hallar eſte angulo (como los demàs, que en ſemejantes caſos ſe ofrecieren de la Meridiana) partiendo la diſtancia CO en toeſas por 16, pues el quociente darà el valor del angulo en T en ſegundos: que ſiempre llamarè *angulo en el centro de la Tierra*: en el preſente caſo ſerà de 6′ 32″; pero teniendole calculado mas exactamente de 6′ 37″ me valdrè de eſtè.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Angulo | COT = | 88° | 48′ | 25″ |
| | OCT = | 91 | 06 | 30 |
| | CTO = | 00 | 06 | 37 |
| Suma | | 180 | 01 | 32. |

El exceſſo 1′ 32″ viene ſin duda del poco yerro, que los Inſtrumentos pueden ocaſionar, ſin embargo de haverlos corregido del error de las diviſiones: pero lo mas cierto es, que proviene en la mayor parte de las refracciones terreſtres, que muchos tienen notadas, y eſtàn admi-

V ti-

tidas de los inteligentes. [a] Suponiendo, que en ambas Obſervaciones de *Carabùru*, y *Oyambàro* hayan ſido las refracciones iguales, tendrémos para cada una 46″, y ſe corregiràn las Obſervaciones como ſe ſigue.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Angulo COT . . . . = | 88° | 48′ | 25″ |
| Refraccion ſubſtractiva | | | 46 |
| Verdadero angulo COT = | 88 | 47 | 39 |
| | | | |
| Angulo OCT . . . . = | 91 | 06 | 30 |
| Refraccion ſubſtractiva | | | 46 |
| Verdadero angulo OCT = | 91 | 05 | 44 |

Siendo el angulo en T de 6′ 37″, cada angulo HCT, CHT (por ſer el triangulo CHT yſoſceles) ſerà de 89° 56′ $41\frac{1}{2}$″ y haviendoſe ſupueſto la horizontal ED [b] al tercio de la altura HO, ſeràn $EI = \frac{ED}{3} =$ 2090 toeſas, 5 pies, 5 pulgadas, y 2 lineas; y $ID = \frac{2ED}{3} =$ 4181 toeſas, 4 pies, 10 pulgadas, y 4 lineas: y en el triangulo CIE tendrémos conocidos, el angulo IEC = HCT = 89° 56′ $41\frac{1}{2}$″, el angulo ICE (complemento de OCT) = 88° 53′ 30″, y el lado EI = 2090 toeſas, 5 pies, 5 pulgadas, 2 lineas: luego

ECI = 88° 53′ 30″
IEC = 89 56 $41\frac{1}{2}$

EI

a *M. Huguens* hizo varias experiencias ſobre ello, fixando un Teleſcopio à un objeto; y à cortas horas de intervalo le viò ſubir, y baxar del punto donde le havia pueſto, por motivo de la diverſa refraccion, que huvo en ellas, y diſtinta craſitud de la Atmoſphera.

b En rigor geometrico la ED medida es un arco porcion de la circunferencia de la Tierra; pero es lo miſmo ſuponerla cuerda del miſmo arco, de quien no ſe diferencia ſenſiblemente.

t p p l
IE = 2090. 5 5. 2.
IC = 2091. 1 9 3

De igual modo en el triangulo IOD ſon conocidos, el angulo IDO = $180^\circ - CHO = 90^\circ\ 03'\ 18\frac{1}{2}''$
IOD = 88 47 39

t p p l
y el lado ID = 4181. 4. 10. 4. : luego
IOD = $88^\circ\ 47'\ 39''$
IDO = 90 03 $18\frac{1}{2}$

t p p l
ID = 4181 4. 10. 04
IO = 4182 4 04 10

luego IC + IO = CO = 6274 toeſas, ò pies, 2 pulgadas, y una linea, que es la diſtancia en linea recta deſde *Carabùru* à *Oyambàro*: la qual el dia 24 de Agoſto de 1737 alargamos *M. Godin*, y yo 3 pulgadas, 8 lineas: y aſsi ſerà la verdadera diſtancia de 6274 toeſas, o pies, 5 pulgadas, 9 lineas: ò de 6274 toeſas, o pies, 6 pulgadas juſtas, por faltarle ſolo 3 lineas para ello.

## CAPITULO II.

### *Del examen de las diviſiones de los Quartos de circulo.*

ANtes de emprender una obra, es preciſo examinar ſiempre los Inſtrumentos con que ſe debe executar, para conocer los defectos, que pueden producir, y corregirlos, ò hacer el computo de la juſtificacion de ella. Por eſte motivo tuvimos preſente antes de empezar las Obſervaciones de los angulos, que formaban la Série de triangulos de la Meridiana, el examinar las diviſiones de los

los Quartos de circulo, con que se debian observar: pues es cierto, que por mas cuydado, que el Operario ponga en executarlas, no dexarà de deslizarse en algun corto yerro; y mas quando son muchas las causas de donde puede producirse: porque quièn podrà estàr seguro de haver tomado exactamente una medida igual à otra? Quièn lo estarà de haver dividido un arco justamente en dos partes iguales? Y quièn de haver hallado exactamente el centro de un circulo? Todas son cosas muy faciles en la theorica, pero extremamente dificiles en la practica, quando se pide un cierto punto de precision.

Varios methodos se nos ofrecieron de examinar las divisiones de nuestros Quartos de circulo; pero de ellos era necessario excluir, los que podìan dàr igual, ò mayor yerro, que el que cometiò el Operario en la construccion de los Instrumentos. Uno de ellos es, el querer verificar con un Compàs la razon de cada cuerda del arco del Instrumento con su radio correspondiente, pues no hay seguridad alguna, en que la operacion del Observador sea mas exacta, que la del Operario.

Uno de los que practicamos *M. Godin*, *Don Antonio de Ulloa*, y yo fuè el mismo de que usò *M. de Maupertuis*, para verificar su Sector en Tornea: el qual tambien discurro muy expuesto à yerros, à causa de la medida geometrica, que es necessario practicar, de donde se concluye el angulo verdadero, que ha de corregir los del Instrumento: porque si en las medidas pequeñas se halla dificultad al practicarlas, es muy probable, que esta se aumente proporcionalmente en las mayores: y assi este genero de operacion no puede ser mas justificada, que la que hizo el Operario.

Otros

Otros dos methodos ſe nos ofrecieron, en los quales no ſe hallaban los inconvenientes de arriba: el primero obſervar los angulos de varios triangulos, y tomar ſu diferencia à 180 grados; combinandolos de tal ſuerte, que ſe hallaban las correcciones de todos los grados: y el ſegundo obſervando primeramente en quatro angulos rectos toda la buelta del Horizonte, cuya quarta parte del exceſſo, ò defecto à 360 grados era la correccion del grado 90; y obſervando un angulo recto en dos de 45 grados, la mitad del exceſſo, ò defecto à 90 la correccion para 45; y aſsi procediendo haſta adquirir la de todos los grados.

Todos eſtos methodos ſe practicaron, y repitieron, para aſſegurarnos de las verdaderas correcciones, y poderlas emplear en las obſervaciones de la Meridiana: en ellos encontramos varios reparos, y atenciones muy curioſas, que neceſsitarìan para ſu explicacion, que nos detuvieſſemos largamente; pero como no ſe pretenda dàr mas que el aviſo de las precauciones, que ſe obſervaron, y el methodo con que ſe practicaron, parece, que ſerà ſuficiente la corta explicacion dada.

Con eſto los angulos, que obſervamos en la Série de triangulos, que ſe verà, no tan ſolamente fueron corregidos del yerro de los anteojos, y otros, que de ordinario ſe conocen por los Inteligentes, pero aſsimiſmo de los que pudimos conocer de la conſtruccion de las diviſiones del Inſtrumento, por los methodos arriba referidos.

CA-

# CAPITULO III.

## *De los Angulos de la Série de Triangulos, que se formò, y calculo de sus lados.*

YA medida la Base, se fueron tomando los angulos de posicion con los Quartos de circulo de los extremos de ella, y de las demàs Señales, que componìan la Série de triangulos, segun dixe en el Libro segundo pagina 51, y se fueron calculando las distancias de unas Señales à otras: esto es, siendo AB [a] la Base, con los tres angulos del triangulo ABC, observados, se concluìa AC; con este lado, y los tres angulos del triangulo ACD se concluìa CD; y assi en los demàs.

[a] Fig.10 Lam. 4

Es cierto, que el haver observado los dos angulos de cada triangulo huviera sido bastante; pero para quedar del todo assegurados, de que no nos haviamos equivocado observandolos, tuvimos por conveniente, se observassen todos tres; mas para aliviar el trabajo, y adelantarle, se dividiò (como se hizo para la Base) la Compañìa en dos: *M. M. Bouguer, la Condamine*, y *Don Antonio de Ulloa* iban por un lado, tomando angulos; quando *M. Godin*, y yo los observabamos por otro: se tenìa dispuesto el orden de tal suerte, que cada Compañìa observaba dos angulos de cada triangulo, y el tercero le era comunicado por la otra. Con esta providencia, no tan solo se conseguìa el estàr seguros de las Observaciones, y se aliviaba el trabajo adelantandole, pero se hacìa dos veces la medida, y se tenìa la seguridad cotejando una con otra de no haverse equivocado.

Los angulos de toda la Série de triangulos corregidos como tengo dicho, empezando desde la Base, son los que

se

ſe ſiguen en eſta tabla : en la qual los grados , minutos , y ſegundos notados al lado de las Señales , ſon el valor del angulo formado en aquella Señal , comprehendido entre las otras dos que la acompañan. La primera coluna de angulos ſon los que fielmente ſe hallaron , ù obſervaron, haviendolos ſolo ſubſtraìdo las correcciones , que arriba ſe mencionaron ; y la ſegunda los miſmos corregidos arbitrariamente , de ſuerte , que la ſuma de los tres de cada triangulo ſea de 180 grados. Aunque he dicho arbitrariamente , es neceſſario entender , que fuè con mucha reflexion : porque ſi no ſe tenìa tanta ſeguridad en un angulo de un triangulo como en los otros dos , ſe hechaba la correccion totalmente ſobre el primero : otras veces ſobre dos ; y quando ſucedìa , que ſe tenìa entera ſatisfaccion de los tres , ſe repartìa la correccion igualmente entre todos.

## 1. Triangulo.

| Señales | | Angulos obſervados | Angulos corregidos. |
|---|---|---|---|
| A *Oyambàro* | | $63^\circ\ 47'\ 40''$ | $63^\circ\ 47'\ 42''$ |
| B *Carabùru* | | 77 35 $30\frac{1}{2}$ | 77 35 32 |
| C *Pambamarca* | | 38 36 44 | 38 36 46 |
| | Suma - | 179 59 $54\frac{1}{2}$ | 180 00 00 |

## 2.

| | Angulos obſervados | Angulos corregidos |
|---|---|---|
| A *Oyambàro* | 74 10 $44\frac{1}{2}$ | 74 10 58 |
| C *Pambamarca* | 69 46 13 | 69 46 32 |
| D *Tanlagua* | 36 02 $20\frac{1}{4}$ | 36 02 30 |
| | 179 59 $17\frac{3}{4}$ | 180 00 00 |

Se-

3.

| Señales. | Angulos obſervados. | Angulos corregidos. |
| --- | --- | --- |
| D *Tanlagua* | 65° 39′ 37″ | 65° 39′ 42″ |
| E *Guàpulo* | 67 17 33½ | 67 17 33½ |
| C *Pambamarca* | 47 02 38 | 47 02 44½ |
| | 179 59 48½ | 180 00 00 |

4.

| | | |
| --- | --- | --- |
| E *Guàpulo* | 72 08 53¾ | 72 08 52 |
| F *Guamanì* | 59 53 52 | 59 53 50 |
| C *Pambamarca* | 47 57 20¾ | 47 57 18 |
| | 180 00 06½ | 180 00 00 |

5.

| | | |
| --- | --- | --- |
| E *Guàpulo* | 69 25 56¾ | 69 25 54 |
| F *Guamanì* | 74 00 14 | 74 00 12 |
| G *Corazòn* | 36 33 56 | 36 33 54 |
| | 180 00 06¾ | 180 00 00 |

6.

| | | |
| --- | --- | --- |
| E *Guàpulo* | 38 05 12¾ | 38 05 10 |
| G *Corazòn* | 58 53 29 | 58 53 26 |
| H *Chinchulagua* | 83 01 27 | 83 01 24 |
| | 180 00 08¾ | 180 00 00 |

7.

| | | |
| --- | --- | --- |
| G *Corazòn* | 36 14 50½ | 36 14 53 |
| H *Chinchulagua* | 66 29 32 | 66 29 34½ |
| I *Limpie-Pongo* | 77 15 30 | 77 15 32½ |
| | 179 59 52½ | 180 00 00 |

Se-

8.

| Señales. | Angulos observados. | | | Angulos corregidos. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| G *Corazòn* | 66° | 43′ | 23″ | 66° | 43′ | $25\frac{1}{2}$″ |
| I *Limpie-Pòngo* | 73 | 23 | $32\frac{1}{2}$ | 73 | 23 | 35 |
| K *Milìn* | 39 | 52 | 57 | 39 | 52 | $59\frac{1}{2}$ |
| | 179 | 59 | $52\frac{1}{2}$ | 180 | 00 | 00 |

9.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| G *Corazòn* | 41 | 36 | 47 | 41 | 36 | 45 |
| K *Milìn* | 44 | 16 | 48 | 44 | 16 | 47 |
| L *Papaurcu* | 94 | 06 | $28\frac{1}{2}$ | 94 | 06 | 28 |
| | 180 | 00 | $03\frac{1}{2}$ | 180 | 00 | 00 |

10.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| K *Milìn* | 60 | 31 | 59 | 60 | 31 | 59 |
| L *Papaurcu* | 60 | 31 | 32 | 60 | 31 | 34 |
| M *Vengotasin* | 58 | 56 | 27 | 58 | 56 | 27 |
| | 179 | 59 | 58 | 180 | 00 | 00 |

11.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| K *Milìn* | 52 | 18 | 08 | 52 | 18 | $06\frac{2}{2}$ |
| N *Chulapu* | 49 | 18 | $11\frac{1}{2}$ | 49 | 18 | $11\frac{1}{2}$ |
| M *Vengotasin* | 78 | 23 | 42 | 78 | 23 | 42 |
| | 180 | 00 | $01\frac{1}{2}$ | 180 | 00 | 00 |

12.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| M *Vengotasin* | 34 | 47 | 55 | 34 | 48 | 21 |
| N *Chulapu* | 73 | 54 | 03 | 73 | 54 | 03 |
| O *Jivicatsu* | 71 | 17 | 36 | 71 | 17 | 36 |
| | 179 | 59 | 34 | 180 | 00 | 00 |

13.

| Señales. | Angulos observados. | Angulos corregidos. |
|---|---|---|
| N *Chulapu* | 75° 56′ 18″ | 75° 56′ 22″ |
| O *Jivicatsu* | 68 53 15 | 68 53 18 |
| P *Chichichoco* | 35 10 16 | 35 10 20 |
| | 179 59 49 | 180 00 00 |

14.

| | | |
|---|---|---|
| O *Jivicatsu* | 34 29 33 | 34 29 33 |
| Q *Mulmùl* | 73 24 27 | 73 24 27 |
| P *Chichichoco* | 72 05 59 | 72 06 00 |
| | 179 59 59 | 180 00 00 |

15.

| | | |
|---|---|---|
| P *Chichichoco* | 48 51 40½ | 48 51 40 |
| Q *Mulmùl* | 54 19 15½ | 54 19 15 |
| R *Guayama* | 76 49 06 | 76 49 05 |
| | 180 00 02 | 180 00 00 |

16.

| | | |
|---|---|---|
| Q *Mulmùl* | 60 49 40 | 60 49 38 |
| R *Guayama* | 91 22 27 | 91 22 25 |
| S *Ilmàl* | 27 47 59 | 27 47 57 |
| | 180 00 06 | 180 00 00 |

Haviendonos parecido el angulo en *Ilmàl* pequeño, de que podìa resultar yerro en el lado RS à poca diferencia del verdadero angulo; se resolviò rectificar el mismo lado por nuevos triangulos, que son los que se vèn formados de puntos; pero haviendo hallado el lado RS de igual magnitud, tanto por el primer methodo, como por el se-

ſegundo, à cortas pulgadas de diferencia, me parece, que para no confundir la obra, ſerà bueno no hacer mencion de los triangulos puntuados.

## 17. Triangulo.

| Señales. | Angulos obſervados. | Angulos corregidos. |
|---|---|---|
| R *Guayama* | 71° 35′ 55¾″ | 71° 35′ 55″ |
| T *Siſa-Pòngo* | 41 03 30½ | 41 03 30 |
| S *Ilmàl* | 67 20 36 | 67 20 35 |
| | 180 00 02¼ | 180 00 00 |

## 18.

| | | |
|---|---|---|
| T *Siſà-Pòngo* | 48 31 38 | 48 31 40 |
| V *Sèſgum* | 67 48 24 | 67 48 25 |
| S *Ilmàl* | 63 39 53 | 63 39 55 |
| | 179 59 55 | 180 00 00 |

## 19.

| | | |
|---|---|---|
| T *Siſà-Pòngo* | 47 28 35 | 47 28 35 |
| V *Sèſgum* | 52 00 56 | 52 00 56 |
| U *Lanlanguſo* | 80 30 29 | 80 30 29 |
| | 180 00 00 | 180 00 00 |

## 20.

| | | |
|---|---|---|
| V *Sèſgum* | 71 00 57 | 71 00 57 |
| U *Lanlanguſo* | 47 46 09 | 47 46 34 |
| X *Senegualàp* | 61 12 29 | 61 12 29 |
| | 179 59 35 | 180 00 00 |

## 21.

| Señales. | Angulos observados. | Angulos corregidos. |
|---|---|---|
| U *Lanlanguso* | 66° 28′ 40″ | 66° 28′ 27″ |
| X *Senegualàp* | 55 40 46 | 55 40 46 |
| Y *Chusày* | 57 50 $46\frac{3}{4}$ | 57 50 47 |
| | 180 00 $12\frac{3}{4}$ | 180 00 00 |

## 22.

| Señales. | Angulos observados. | Angulos corregidos. |
|---|---|---|
| X *Senegualàp* | 78 05 $57\frac{1}{2}$ | 78 05 $57\frac{1}{2}$ |
| Y *Chusày* | 45 22 03 | 45 21 56 |
| Z *Tiolòma* | 56 32 32 | 56 32 $06\frac{1}{2}$ |
| | 180 00 $32\frac{1}{2}$ | 180 00 00 |

## 23.

| Señales. | Angulos observados. | Angulos corregidos. |
|---|---|---|
| Y *Chusày* | 50 53 07 | 50 53 07 |
| Z *Tiolóma* | 51 55 $36\frac{1}{2}$ | 51 55 22 |
| α *Sinasaguàn* | 77 11 31 | 77 11 31 |
| | 180 00 $14\frac{1}{2}$ | 180 00 00 |

## 24.

| Señales. | Angulos observados. | Angulos corregidos. |
|---|---|---|
| Z *Tiolòma* | 56 59 52 | 56 59 44 |
| α *Sinasaguàn* | 50 38 00 | 50 38 $52\frac{1}{2}$ |
| β *Quinoalòma* | 72 21 $23\frac{1}{2}$ | 72 21 $23\frac{1}{2}$ |
| | 179 59 $15\frac{1}{2}$ | 180 00 00 |

## 25.

| Señales. | Angulos observados. | Angulos corregidos. |
|---|---|---|
| α *Sinasaguàn* | 86 39 05 | 86 39 09 |
| β *Quinoalòma* | 48 53 $40\frac{1}{2}$ | 48 53 44 |
| γ *Bueràn* | 44 27 04 | 44 27 07 |
| | 179 59 $49\frac{1}{2}$ | 180 00 00 |

Se-

## 26.

| Señales | Angulos obſervados. | Angulos corregidos. |
|---|---|---|
| β *Quinoalòma* | 47 25 01½ | 47 24 46 |
| γ *Bueràn* | 47 12 00 | 47 11 44 |
| δ *Yaſuaì* | 85 23 45½ | 85 23 30 |
| | 180 00 47 | 180 00 00 |

## 27.

| | | |
|---|---|---|
| γ *Bueràn* | 85 07 22 | 85 07 21 |
| δ *Yaſuaì* | 32 55 18 | 32 55 17 |
| π *Surampàlte* | 61 57 23 | 61 57 22 |
| | 180 00 03 | 180 00 00 |

## 28.

| | | |
|---|---|---|
| δ *Yaſuaì* | Eſte angulo ſe concluyò. | 33 40 21 |
| π *Surampàlte* | 87 14 17 | 87 14 17 |
| θ *Guanacàuri* | 59 05 22 | 59 05 22 |
| | | 180 00 00 |

## 29.

| | | |
|---|---|---|
| π *Surampàlte* | 20 33 14 | 20 33 16 |
| ι *La Torre de Cuenca* | 66 06 33½ | 66 06 35 |
| θ *Guanacàuri* | 93 20 07 | 93 20 09 |
| | 179 59 54½ | 180 00 00 |

Deſpues de eſtos triangulos, ſe formaron los otros, que ſe vèn puntuados, para hallar la diſtancia de *Guanacàuri* (θ) à *los Baños* (ζ), que fuè ſegunda Baſe examinada para verificar la Série de los triangulos. Medimos eſta Baſe *M. Godin*, y yo de la miſma ſuerte, que la de *Yaruquì*, y con iguales precauciones; en cuya obra empleamos 21 dias.

dias. El llano en que se halla, que está contiguo à la Ciudad de *Cuenca*, no era tan commodo como el de *Yaruquì*, pues tuvo algunas paredes, que derribar, y dos Rios de tres quartas, à una vara de agua de profundidad, que passar midiendo: lo que hizimos por medio de los Cavalletes; aunque con la incomodidad del agua, que nos daba casi à la cintura. Otro Rio algo mas caudaloso, que es el que passa cerca de *Guanacàuri*, lo medimos geometricamente por dos pequeños triangulos: cuyos angulos observamos con el Quarto de circulo. En fin hecha toda correccion conforme se dixo en la medida de la Base de *Yaruquì*, y agregandole la porcion geometrica, hallamos la distancia de *Guanacàuri* (θ) à *los Baños* (ξ) de 6197 toesas, 3 pies, y 8 pulgadas; y la misma distancia por la Série de triangulos la hallè de 6196.$^t$ 3.$^p$ 07 pulgadas. Desde luego se presenta à la vista la diferencia 1 toesa 0 pies 1 pulgada, que se discurrirà provenir de la medida de los triangulos; pero si se atiende à que el temperamento de la Base de *Cuenca*, ò de *Guanacàuri* à *los Baños* no era tan calido como el de la Base de *Yaruquì*, se verà, que conviene una medida con otra. El temperamento medio de la Base de *Yaruquì* lo observamos de 1023 en el Thermometro de *M. de Reaumur*; y el de la Base de *Cuenca* de 1016; cuya diferencia es de 7 partes, ò grados; à las quales corresponden segun el Libro IV. de la dilatacion de los Metales $\frac{18\frac{1}{2}}{100}$ de linea de dilatacion en cada toesa; luego à las 6197 les corresponderàn 7 pies 11$\frac{1}{2}$ pulgadas; de donde quitando 6 pies 1 pulgada de la diferencia antecedente, quedaràn solamente 1 piè 10$\frac{1}{2}$ pulgadas de diferencia, despues de una Série de triangulos tan larga.

Des-

Despues de medida la Base de *Cuenca*, y examinada por las Latitudes de esta Ciudad, y la de *Yaruquì*, que nuestra Sèrie de triangulos no comprehendìa aun tres grados de Meridiano, nos pareciò que debiamos prolongarla por la parte del Norte hasta que comprehendiera à lo menos dichos tres grados. Algunos han procurado persuadirnos à que no se debe medir mas de un grado de Meridiano para que su conclusion salga menos erronea; pero muy al contrario otros con razones mas sólidas tienen por cierto, que quanto mas larga se hiciesse la medida: esto es, quanto mas grande fuere el arco que se midiere, mas exacta se tendrà la conclusion del grado. Para vèr esto patentemente no es necessario mas, que atender à que el yerro, que se puede cometer en la conclusion del grado, no puede proceder mas, que de los que se cometieren en las Observaciones Astronómicas, ò determinacion de la amplitud del arco, y de los que resultaren en la medida geometrica: estos poniendonos en el peor caso, se pueden aumentar proporcionalmente à la magnitud de la medida; pero dividiendo èsta despues por la amplitud del arco, para concluir el valor del grado, disminuyen dichos yerros en la misma razon, que antes se aumentaron; y assi por lo tocante à estos, no nos daràn mas, ni menos exacta la conclusion del grado, que se mida grande, ò pequeño el arco de Meridiano. No resulta lo proprio de los que se cometieren en las Observaciones Astronómicas, pues estos no pueden aumentar, ni disminuir, porque sea pequeña, ò grande la amplitud del arco; y como al dividir por èsta la longitud del mismo, para concluir el valor del grado hayan de disminuirse segun fuere mas grande dicho arco, es evidente, que quanto mas grande se midiere èste, menos

nos ſenſibles ſeràn los yerros en la concluſion del grado.

Eſtas reflexiones nos determinaron, como he dicho, à prolongar la Série de triangulos, haſta que comprehendieſſe à lo menos tres grados: y para ello le añadimos por la parte del Norte los triangulos, que ſe ſiguen.

## 30. Triangulo.

| Señales | Angulos obſervados | Angulos corregidos. |
|---|---|---|
| E *Guàpulo* | 72° 53′ 15½″ | 72° 54′ 10″ |
| C *Pambamarca* | 32 01 15 | 32 01 30 |
| ζ *Campanario* | 75 02 20 | 75 04 20 |
| | 179 56 50½ | 180 00 00 |

## 31.

| Señales | Angulos obſervados | Angulos corregidos. |
|---|---|---|
| C *Pambamarca* | 96 21 10 | 96 21 12 |
| ζ *Campanario* | 38 07 36 | 38 07 38 |
| φ *Coſìn* | 45 31 08½ | 45 31 10 |
| | 179 59 54½ | 180 00 00 |

## 32.

| Señales | Angulos obſervados | Angulos corregidos. |
|---|---|---|
| ζ *Campanario* | 38 02 27 | 38 02 27 |
| φ *Coſìn* | 75 42 01½ | 75 42 01½ |
| ψ *Cuicòcha* | 66 15 49 | 66 15 31½ |
| | 180 00 17½ | 180 00 00 |

## 33.

| Señales | Angulos obſervados | Angulos corregidos. |
|---|---|---|
| φ *Coſìn* | 59 48 00 | 59 48 04 |
| ψ *Cuicòcha* | 82 20 59 | 82 21 03 |
| ω *Mira* | 37 50 49 | 37 50 53 |
| | 179 59 48 | 180 00 00 |

Con

Con los angulos de todos estos triangulos observados, comprobados, y corregidos, y con la Base de *Yaruquì* de 6274 toesas, y 6 pulgadas entrarémos à calcular el valor de todos los lados de la parte occidental de la Série, para con ellos determinar despues el valor del arco terrestre, que comprehende.

## Resolucion de los Triangulos.

| 1. Triangulo. | | 2. Triangulo. | |
|---|---|---|---|
| ACB | 38° 36′ 46″ | ADC | 36° 02′ 30″ |
| ABC | 77 35 32 | CAD | 74 10 58 |
| AB | $6274\frac{1}{12}$ toesas | AC | 9819 + toesas |
| AC | 9819 + | CD | 16056 + |
| 3. | | 4. | |
| CED | 67° 17′ $33\frac{1}{2}$″ | CFE | 59° 53′ 50″ |
| CDE | 65 39 42 | ECF | 47 57 18 |
| CD | 16056 + toesas | CE | 15859 — toesas |
| CE | 15859 — | EF | 13613 — |
| 5. | | 6. | |
| EGF | 36 33 54 | EHG | 83 01 24 |
| EFG | 74 00 12 | GEH | 38 05 10 |
| EF | 13613 — toesas | EG | 21965.864 + toesas |
| EG | 21965.864 + | GH | 13651 — |
| 7. | | 8. | |
| GIH | 77 15 $32\frac{1}{2}$ | GKI | 39 52 $59\frac{1}{2}$ |
| GHI | 66 29 $34\frac{1}{2}$ | GIK | 73 23 35 |
| GH | 13651 — toesas | GI | 12834 — toesas |
| GI | 12834 — | GK | 19179.609 + |

9.

GLK 94° 06′ 28″
KGL 41 36 45
GK 19179.609+ toeſas
KL 12770—

11.

KNM 49 18 11½
KMN 78 23 42
KM 12978— toeſas
KN 16767.152—

12.

MON 71 17 36
NMO 34 48 21
MN 13544— toeſas
NO 8162—

13.

NPO 35 10 20
ONP 75 56 22
NO 8162— toeſas
OP 13745—

15.

PRQ 76 49 05
PQR 54 19 15
PQ 8122— toeſas
PR 6775.772+

16.

OSR 27 47 57
RQS 60 49 38
QR 6282+ toeſas
RS 11761+

10.

KML 58° 56′ 27″
KLM 60 31 34
KL 12770— toeſas
KM 12978—

11.

KNM 49 18 11½
MKN 52 18 06½
KM 12978— toeſas
MN 13544—

13.

NPO 35 10 20
NOP 68 53 18
NO 8162— toeſas
NP 13218.061—

14.

OQP 73 24 27
POQ 34 29 33
OP 13745— toeſas
PQ 8122—

15.

PRQ 76 49 05
QPR 48 51 40
PQ 8122— toeſas
QR 6282+

17.

RTS 41 03 30
SRT 67 20 35
RS 11761+ toeſas
RT 16524.693+

17.

RTS 41° 03′ 30″
SRT 71 35 55
RS 11761+ toesas
ST 16991—

18.

SVT 67° 48′ 25″
TSV 63 39 55
ST 16991— toesas
TV 16446+

19.

TUV 80 30 29
TVU 52 00 56
TV 16446+ toesas
TU 13142.313+

19.

TUV 80 30 29
VTU 47 28 35
TV 16446+ toesas
VU 12289—

20.

VXU 61 12 29
UVX 71 00 57
VU 12289— toesas
UX 13260—

21.

UYX 57 50 47
UXY 55 40 46
UX 13260— toesas
UY 12935.128—

21.

UYX 57 50 47
XUX 66 28 27
UX 13260— toesas
XY 14360+

22.

XZY 56 32 $06\frac{1}{2}$
YXZ 78 05 $57\frac{1}{2}$
XY 14360+ toesas
YZ 16844—

23.

YαZ 77 11 31
YZα 51 55 22
YZ 16844— toesas
Yα 13597.398—

23.

YαZ 77 11 31
ZYα 50 53 07
YZ 16844— toesas
Zα 13402+

24.

Zβα 72 21 $23\frac{1}{2}$
αZβ 56 59 44
Zα 13402+ toesas
αβ 11794+

25.

αγβ 44 27 07
αβγ 48 53 44
αβ 11794+ toesas
αγ 12690.320+

25.

| | |
|---|---|
| αγβ | 44° 27′ 07″ |
| βαγ | 86 39 09 |
| αβ | 11794 + toesas |
| βγ | 16813 — |

27.

| | |
|---|---|
| γπδ | 61 57 22 |
| γδπ | 32 55 17 |
| γδ | 12419 — toesas |
| γπ | 7647.190 + |

28.

| | |
|---|---|
| δθπ | 59 05 22 |
| πδθ | 33 40 21 |
| δπ | 14020 — toesas |
| πθ | 9060 — |

30.

| | |
|---|---|
| CζE | 75 04 20 |
| ECζ | 32 01 30 |
| EC | 15859 — toesas |
| Eζ | 8703.393 + |

31.

| | |
|---|---|
| CΦζ | 45 31 10 |
| ζCΦ | 96 21 12 |
| Cζ | 15687 + toesas |
| ζΦ | 21851 + |

32.

| | |
|---|---|
| ζΨΦ | 66 15 31½ |
| ΦζΨ | 38 02 27 |
| ζΦ | 21851 + toesas |
| ΦΨ | 14710 + |

26.

| | |
|---|---|
| βδγ | 85° 23′ 30″ |
| γβδ | 47 24 46 |
| βγ | 16813 — toesas |
| γδ | 12419 — |

27.

| | |
|---|---|
| γπδ | 61 57 22 |
| δγπ | 85 07 21 |
| γδ | 12419 — toesas |
| δπ | 14020 — |

29.

| | |
|---|---|
| πεθ | 66 06 35 |
| πθε | 93 20 09 |
| πθ | 9060 — toesas |
| πε | 9892.084 + |

30.

| | |
|---|---|
| CζE | 75 04 20 |
| CEζ | 72 54 10 |
| EC | 15859 — toesas |
| Cζ | 15687 + |

32.

| | |
|---|---|
| ζΨΦ | 66 15 31½ |
| ζΦΨ | 75 42 01½ |
| ζΦ | 21851 + toesas |
| ζΨ | 23132.220 + |

33.

| | |
|---|---|
| ΦωΨ | 37 50 53 |
| ΨΦω | 59 48 04 |
| ΦΨ | 14710 + toesas |
| Ψω | 20721.275 |

Del calculo antecedente se deduce la tabla, que se sigue.

Ta-

# Tabla de las diſtancias, que entre sì tienen las Señales occidentales de la Série de Triangulos.

| | |
|---|---|
| De *Mira* (ω) à *Cuichocha* (Ψ) | 20721.275 toeſas |
| *Cuichocha* (Ψ) à Campanario (ζ) | 23132.220 |
| Campanario (ζ) à *Guàpulo* (E) | 8703.392 |
| *Guàpulo* (E) al *Corazòn* (G) | 21965.864 |
| Corazòn (G) à *Milìn* (K) | 19179.609 |
| Milìn (K) à *Chulàpu* (N) | 16767.152 |
| *Chulàpu* (N) à *Chichichoco* (P) | 13218.061 |
| *Chichichoco* (P) à *Guayàma* (R) | 6775.772 |
| *Guayàma* (R) à *Siſà-Pòngo* (T) | 16524.693 |
| *Siſà-Pòngo* (T) à *Lanlangùſo* (U) | 13142.313 |
| *Lanlangùſo* (U) à *Chuſaì* (Y) | 12935.128 |
| *Chuſaì* (Y) à *Sinaſaguàn* (α) | 13597.398 |
| *Sinaſaguàn* (α) à *Bueràn* (γ) | 12690.320 |
| *Bueràn* (γ) à *Surampàlte* (π) | 7647.190 |
| *Surampàlte* (π) à la *Torre de Cuenca* (ε) | 9892.084 |

## CAPITULO IV.

*De la reduccion de las diſtancias occidentales de la Série de triangulos à horizontales.*

POr ſer el terreno del Reyno de *Quito* muy montuoſo, y quebrado, las unas Señales eſtaban muy elevadas reſpeto de las otras, y ſus diſtancias aſignadas ſe midieron por conſiguiente en diſtintos planos; es pues preciſo redu-

cir-

cirlas à uno miſmo, que ſerà el horizontal: y para ello ſea
a Fig. 6 Lam. 7 AB[a] la diſtancia de una Señal à otra; T el centro de la Tierra, ò punto donde ſe juntan las perpendiculares à los Horizontes de las Señales A, y B; y el angulo ATB ſerà el *angulo en el centro de la Tierra*, que yà ſe dixo ſe hallarà ſu valor en ſegundos, partiendo la diſtancia AB en toeſas por 16. Tireſe AC, BD perpendiculares à AT, TB; y el angulo BAC ſerà el de altura de la Señal B viſta de A; y el DBA el de la depreſsion de la Señal A viſta de B. Tireſe tambien AE de ſuerte, que el triangulo AET ſea yſoſceles; y EB ſerà la altura de la Señal B, ſobre la horizontal de la Señal A; y AE ſu diſtancia horizontal al nivèl de la Señal A.

Por la conſtruccion de la figura es evidente, que BEA $= 90^\circ + \frac{ETA}{2}$; y tambien CAE $= \frac{ETA}{2}$; luego ABE (complemento de la depreſsion DBA) $= 90^\circ -$ BAC $-$ ATE; y DBA (angulo de la depreſsion) $=$ BAC (angulo de la altura) $+$ ATE: eſto es, el angulo de depreſsion es mayor, que el de altura del *angulo en el centro de la Tierra* ATE; y para hallar la diſtancia horizontal AE tendrémos ſiempre eſta analogía.

BEA $= 90^\circ + \frac{ETA}{2}$, es à

ABE (complem. de la depreſ.) $= 90 -$ BAC (ang. de alt.)
$-$ATE: como

BA diſtancia de una Señal à otra, à

AE ſu diſtancia horizontal.

Los angulos de altura de las Señales las unas reſpeto de las otras, que obſervamos (ſegun dixe en el Lib. 2 pag. 49) deſde los proprios ſitios, con todo cuydado, y atencion, ſon los que ſe ſiguen.

Ta-

# Tabla de los angulos de altura de unas Señales reſpeto de otras, que ſon neceſſarios para el calculo de los triangulos.

| | | Angulos de altura, ò depreſsion. |
|---|---|---|
| De *Mira* (ω) ſe obſervò | *Cuicòcha* (Ψ) | 2° 01′ 05″ alt. |
| *Campanario* (ζ) | *Cuicòcha* (Ψ) | 0 21 39 |
| | *Cosìn* (Φ) | 0 22 55 |
| | *Guàpulo* (E) | 1 56 10 dep. |
| *Guàpulo* (E), | *Campanario* (ζ) | 1 46 35 alt. |
| | *el Corazòn* (G) | 1 34 15½ |
| *Oyambàro* (A) | *Pambamarca* (C) | 4 20 29 |
| | *Tanlagua* (D) | 1 18 30 |
| *el Corazòn* (G) | *Milìn* (K) | 1 24 35 dep. |
| *Milìn* (K) | *el Corazòn* (G) | 1 05 42½ alt. |
| | *Chulàpu* (N) | 0 24 35 |
| *Chulàpu* (N) | *Milìn* (K) | 42 03 dep. |
| | *Chichichoco* (P) | 39 55 |
| *Chichichoco* (P) | *Chulàpu* (N) | 27 05 alt. |
| | *Guayàma* (R) | 3 29 35 |
| *Guayàma* (R) | *Siſa-Pòngo* (T) | 0 38 52 dep. |
| *Siſa-Pòngo* (T) | *Guayàma* (R) | 0 22 47 alt. |
| | *Lanlanguſo* (U) | 0 29 45 |
| *Lanlanguſo* (U) | *Siſa-Pòngo* (T) | 0 42 35 dep. |
| | *Chuſaì* (Y) | 1 20 05 |
| *Sèſgum* (V) | *Lanlanguſo* (U) | 1 52 20 alt. |
| *Chuſaì* (V) | *Lanlanguſo* (U) | 07 50½ |
| | *Sinaſaguàn* (α) | 29 02 |

De

| | |
|---|---|
| De *Sinasaguàn* (α) *Chusaì* (Y) | $1^{\circ}\ 42'\ 24''$ dep. |
| *Bueran* (γ) | 43 04 |
| *Bueràn* (γ) *Sinsaguàn* (α) | 30 42 alt. |
| *Surampàlte* (π) | 14 38 dep. |
| *Yasuaì* (♌) *Bueràn* (γ) | 0 21 08 alt. |
| *Surampàlte* (π) *Bueràn* (γ) | 1 07 $07\frac{1}{2}$ |
| *la Torre de Cuenca* | 2 55 $27\frac{1}{2}$ dep. |

# Reduccion de los lados à horizontales.

Lado $\omega\Psi = 20721.275$ toesas

| | |
|---|---|
| De Mira (ω) altura de *Cuicòcha* (Ψ) [a] | $2^{\circ}\ 01'\ 05''$ |
| *Angulo en el centro de la Tierra* | 0 21 35 |
| De *Cuicócha* (Ψ) depresion de Mira (ω) | 2 22 40 |
| Su complemento | 87 37 20 |

Analogía.

$90^{\circ}\ 10'\ 47\frac{1}{2}'' : 87^{\circ}\ 37'\ 20'' = (\omega\Psi)\ 20721.275 :$
($\omega\Psi$ horizontal) 20703.536

Lado $\Psi\zeta = 23132.220$

| | |
|---|---|
| De Campanario (ζ) altura de *Cuicòcha* (Ψ) | $0^{\circ}\ 21'\ 39''$ |
| *Angulo en el centro de la Tierra* | 0 24 06 |
| De *Cuicòcha* (Ψ) depres. de Campanario (ζ) | 0 45 45 |
| Su complemento | 89 14 15 |

$90^{\circ}\ 12'\ 03'' : 89^{\circ}\ 14'\ 15'' = (\Psi\zeta)\ 23132.220 :$
($\Psi\zeta$ horizontal) 23130.299

La-

*a.* Estas alturas debieran corregirse de la refraccion terrestre, que las altera. Por varias observeciones, que se hicieron de alturas, y depresiones de las Señales en toda la Sèrie de triangulos, procurè deducir la refraccion, que le correspondìa à cada Señal respeto de su altura, y distancia; pero hallè tal variedad en ello, que algunas observaciones daban la refraccion negativa, ò contraria de lo que debìan: por cuyo motivo, è inducir poco yerro el tomar un minuto mas, ò menos grandes estos angulos para las operaciones que se siguen, me pareciò omitirlas; no obstante en la ocasion, que se observò altura, y depresion de Señales correspondientes, tòmo un medio entre las dos, que es lo propio, que emplear la refraccion.

Lado ζE = 8703.393

| | | | |
|---|---|---|---|
| De *Guàpulo* (E) altura de *Campanario* (ζ) | 1° | 46′ | 35″ |
| *Angulo en el centro de la Tierra* | 0 | 09 | 04 |
| De *Campanario* (ζ) depreſsion de *Guàpulo* (E) | 1 | 55 | 39 |
| Obſervada ſe hallò | 1 | 56 | 10 |
| Medio entre las dos | 1 | 55 | 55 |
| Su complemento | 88 | 04 | 05 |

90° 04′ 32″ : 88° 04′ 05″ = (ζE) 8703.393:
(ζE horizontàl) 8698.453

Lado EG = 21965.864

| | | | |
|---|---|---|---|
| De *Guàpulo* (E) altura del *Corazòn* (G) | 1° | 34′ | 15½″ |
| *Angulo en el centro de la Tierra* | 0 | 22 | 53 |
| Del *Corazòn* (G) depreſsion de *Guàpulo* (E) | 1 | 57 | 08½ |
| Su complemento | 88 | 02 | 51½ |

90° 11′ 26½″ : 88° 02′ 51½″ = (EG) 21965.864:
(EG horizontàl) 21953.234

Lado GK = 19179.609

| | | | |
|---|---|---|---|
| De *Milìn* (K) altura del *Corazòn* (G) | 1° | 05′ | 42½″ |
| *Angulo en el centro de la Tierra* | 0 | 19 | 59 |
| Del *Corazon* (G) depreſsion de *Milìn* (K) | 1 | 25 | 41½ |
| Obſervada ſe hallò | 1 | 24 | 35 |
| Medio entre las dos | 1 | 25 | 08 |
| Su complemento | 88 | 34 | 52 |

90° 09′ 59½″ : 88° 34′ 52″ = (GK) 19179.609:
(GK horizontàl) 19173.809.

Lado KN = 16767.152

| | | | |
|---|---|---|---|
| De *Milìn* (K) altura de *Chulàpu* (N) | 0° | 24′ | 35″ |
| *Angulo en el centro de la Tierra* | 0 | 17 | 28 |

De *Chulàpu* (N) depreſsion de *Milìn* (K) $0^\circ\ 42'\ 03''$
Obſervada ſe hallò 0 40 40
Medio entre las dos 0 41 $21\frac{1}{2}$
Su complemento 89 18 $38\frac{1}{2}$
$90^\circ\ 08'\ 44'' : 89^\circ\ 18'\ 38\frac{1}{2}'' =$ (KN) 16767.152:
(KN horizontàl) 16765.992

Lado NP = 13218.061

De *Chichichòco* (P) altura de *Chulàpu* (N) $0^\circ\ 27'\ 05''$
*Angulo en el centro de la Tierra* 0 13 46
De *Chulàpu* (N) depreſsion de *Chichichòco* (P) 0 40 51
Obſervada ſe hallò 0 39 55
Medio entre las dos 0 40 23
Su complemento 89 19 37
$90^\circ\ 06'\ 53'' : 89^\circ\ 19'\ 37'' =$ (NP) 13218.061:
(NP horizontàl) 13217.175

Lado PR = 6775.772

De *Chichichòco* (P) altura de *Guayàma* (R) $3^\circ\ 29'\ 35''$
*Angulo en el centro de la Tierra* 0 07 $03\frac{1}{2}$
De *Guayàma* (R) depreſ. de *Chichichóco* (P) 3 36 $38\frac{1}{2}$
Su complemento 86 23 $21\frac{1}{2}$
$90^\circ\ 03'\ 31\frac{3}{4}'' : 86^\circ\ 23'\ 21\frac{1}{2}'' =$ (PR) 6775.772:
(PR horizontàl) 6762.335

Lado RT = 16524.693

De *Siſa-Pòngo* (T) altura de *Guayàma* (R) $0^\circ\ 22'\ 47''$
*Angulo en el centro de la Tierra* 0 17 13
De *Guayàma* (R) depreſ. de *Siſa-Pòngo* (T) 0 40 00
Obſervada ſe hallò 0 38 52
Medio entre las dos 0 39 26
Su complemento 89 20 34
$90^\circ\ 08'\ 36\frac{1}{2}'' : 89^\circ\ 20'\ 34'' =$ (RT) 16524.693:
(RT horizontàl) 16523.658

Lado TU = 13142.313

| | | | |
|---|---|---|---|
| De *Siſa-Pòngo* (T) altura de *Lanlangùſo* (U) | $0^\circ$ | $29'$ | $45''$ |
| *Angulo en el centro de la Tierra* | 0 | 13 | 41 |
| De *Lanlangùſo* (U) depreſ. de *Siſa-Pòngo* (T) | 0 | 43 | 26 |
| Obſervada ſe hallò | 0 | 42 | 35 |
| Medio entre las dos | 0 | 43 | $00\frac{1}{2}$ |
| Su complemento | 89 | 16 | $59\frac{1}{2}$ |

$90^\circ\ 06'\ 50\frac{1}{2}''$ : $89^\circ\ 16'\ 59\frac{1}{2}''$ = (TU) 13142.313 :
(TU horizontàl) 13141.311

Lado UY = 12935.128

| | | | |
|---|---|---|---|
| De *Chuſaì* (Y) altura de *Lanlangùſo* (U) | $1^\circ$ | $07'$ | $50''$ |
| *Angulo en el centro de la Tierra* | 0 | 13 | 28 |
| De *Lanlangùſo* (U) depreſsion de *Chuſaì* (Y) | 1 | 21 | 19 |
| Obſervada ſe hallò | 1 | 20 | 05 |
| Medio entre las dos | 1 | 20 | 42 |
| Su complemento | 88 | 39 | 18 |

$90^\circ\ 06'\ 44\frac{1}{3}''$ : $88^\circ\ 39'\ 18''$ = (UY) 12935.128 :
(UY horizontàl) 12931.589

Lado Y$\alpha$ = 13597.398

| | | | |
|---|---|---|---|
| De *Chuſaì* (Y) altura de *Sinaſaguàn* ($\alpha$) | $1^\circ$ | $29'$ | $02''$ |
| *Angulo en el centro de la Tierra* | 0 | 14 | 10 |
| De *Sinaſaguàn* ($\alpha$) depreſsion de *Chuſaì* (Y) | 1 | 43 | 12 |
| Obſervada ſe hallò | 1 | 42 | 24 |
| Medio entre las dos | 1 | 42 | 48 |
| Su complemento | 88 | 17 | 12 |

$90^\circ\ 07'\ 05''$ : $88^\circ\ 17'\ 12''$ = (Y$\alpha$) 13597.398.
(Y$\alpha$ horizontàl) 13591.351

Lado $\alpha\gamma = 12690.320$

| | | | |
|---|---|---|---|
| De *Bueràn* ($\gamma$) altura de *Sinaſaguàn* ($\alpha$) | 1° | 30′ | 42″ |
| *Angulo en el centro de la Tierra* | 0 | 13 | 13 |
| De *Sinaſaguàn* ($\alpha$) depreſsion de *Bueràn* ($\gamma$) | 1 | 43 | 55 |
| Obſervada ſe hallò | 1 | 43 | 04 |
| Medio entre las dos | 1 | 43 | $29\frac{1}{2}$ |
| Su complemento | 88 | 16 | $30\frac{1}{2}$ |

$90^\circ\ 06'\ 36\frac{1}{2}''\ 88^\circ\ 16'\ 30\frac{1}{2}'' = (\alpha\gamma)\ 1269.320$:
($\alpha\gamma$ horizontàl) 12684.594

Lado $\gamma\pi = 7647.190$

| | | | |
|---|---|---|---|
| De *Surampàlte* ($\pi$) altura de *Bueràn* ($\gamma$) | 1° | 07′ | $07\frac{1}{2}''$ |
| *Angulo en el centro de la Tierra* | 0 | 07 | 58 |
| De *Bueràn* ($\gamma$) depreſsion de *Surampàlte* ($\pi$) | 1 | 15 | $05\frac{1}{2}$ |
| Obſervada ſe hallò | 1 | 14 | 38 |
| Medio entre las dos | 1 | 14 | $51\frac{3}{4}$ |
| Su complemento | 88 | 45 | $08\frac{1}{4}$ |

$90^\circ\ 03'\ 59''$: $88^\circ\ 45'\ 08\frac{1}{4}'' = (\gamma\pi)\ 7647.190$:
($\gamma\pi$ horizontàl) 7645.400

Lado $\pi\varepsilon = 9892.084$

| | | | |
|---|---|---|---|
| De *Surampàlte* ($\pi$) depr. *de la Torre de Cuenca* | 2° | 55′ | $27\frac{1}{2}''$ |
| Su complemento | 87 | 04 | $32\frac{1}{2}$ |
| *Angulo en el centro de la Tierra* | 0 | 10 | 18 |

$90^\circ\ 05'\ 09''$: $87^\circ\ 04'\ 32\frac{1}{2}'' = (\pi\varepsilon)\ 9892.084$:
($\pi\varepsilon$ horizontàl) 9879.214

Del calculo antecedente ſe deduce la tabla, que ſe ſigue.

Ta-

## Tabla de las diſtancias horizontales de unas Señales à otras : eſto es , al nivèl de la Señal mas baxa de las dos de quienes ſe dà la diſtancia.

| | |
|---|---|
| De *Mira* (ω) à *Cuicòcha* (Ψ) | 20703.536 toeſas |
| *Cuicòcha* (Ψ) à *Campanario* (ζ) | 23130.299 |
| *Campanario* (ζ) à *Guàpulo* (E) | 8698.453 |
| *Guàpulo* (E) al *Corazòn* (G) | 21953.245 |
| *el Corazòn* (G) à *Milìn* (K) | 19173.809 |
| *Milìn* (K) à *Chulàpu* (N) | 16765.992 |
| *Chulàpu* (N) à *Chichichoco* (P) | 13217.175 |
| *Chichichoco* (P) à *Guayàma* (R) | 6762.335 |
| *Guayàma* (R) à *Siſà-Pòngo* (T) | 16529.658 |
| *Siſà-Pòngo* (T) à *Lanlangùſo* (U) | 13141.311 |
| *Lanlangùſo* (U) à *Chuſaì* (Y) | 12931.589 |
| *Chuſaì* (Y) à *Sinaſaguàn* (α) | 13591.351 |
| *Sinaſaguàn* (α) à *Bueràn* (γ) | 12684.594 |
| *Bueràn* (γ) à *Surampàlte* (π) | 7645.400 |
| *Surampàlte* (π) à la *Torre de Cuenca* (ε) | 9879.214 |

## CAPITULO V.

*De las Obſervaciones de Azimuth del Sol ; y deduccion de las inclinaciones de los lados de los triangulos reſpeto del Meridiano.*

DE las diſtancias horizontales concluìdas , es preciſo deducir las diſtancias entre los Paralelos de todas las Señales ; cuya ſuma darà la longitud del arco de Meridia-

diano terreſtre : pero para eſte efecto, es preciſo conocer las inclinaciones de los lados occidentales de los triangulos, reſpeto del Meridiano ; para lo qual ſe hicieron en el diſcurſo de la obra las obſervaciones de los angulos Azimuthales, que el Sol formaba con las Señales mas immediatas, que ſe ſiguen.

El dia 25 de Noviembre de 1736 deſde la Señal de *Oyambàro* (A) *M. Godin* obſervò, teniendo el centro del Sol 11° 40′ 55″ de altura, el angulo entre el limbo Septentrional del Sol, y la Señal de *Pambamarca* (C) de 66° 28′ 38″.

En la Eſtereographica proyeccion de la Eſphera, ſobre el plano del Meridiano, ſean

a Fig. 7 Lam. 6

HR[a] el Horizonte
NS el Exe de la Eſphera
RS la altura de Polo de *Oyambàro*
Z el Zenith
P la Señal de *Pambamarca*
O el centro del Sol
PZ ſerà el complemento de la altura de *Pambamarca* ſobre el Horizonte

OZ el complemento de la altura del Sol ſobre el Horizonte; y la porcion del circulo maximo PO comprehenderà los grados del angulo obſervado entre la Señal de *Pambamarca*, y el Sol.

En el triangulo PZO conocidos los tres lados, ſe puede venir en conocimiento del angulo horizontàl PZO. Y en el triangulo OZS, ſiendo SZ el complemento de la Latitud de *Oyambàro*, y SO el complemento de la Declinacion del Sol à la hora de la obſervacion, ſe tienen conocidos los tres lados ; luego ſe conocerà el angulo Azimuthal OZS, que ana-

añadido à PZO, darà el angulo PZS, que el Azimuth de *Pambamarca* formaba con el Meridiano, ò la inclinacion de la Señal con el Meridiano, que es lo que se desea.

## Calculo.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Altura del centro del Sol | 11° | 40′ | 55″ |
| Refraccion substractiva | 0 | 4 | 40 |
| Altura verdadera del centro del Sol | 11 | 36 | 15 |
| Altura de la Señal de *Pambamarca* | 4 | 20 | 29 |
| Angulo observado del limbo Sept. del Sol | 66 | 28 | 38 |
| Semidiamet. aparente del Sol de *M. Louville* | 00 | 16 | 15 |
| Angulo observado del centro del Sol | 66 | 44 | 53 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Complemento de la alt. del centro del Sol | 78 | 23 | 45 |
| de *Pambamarca* | 85 | 39 | 31 |
| Angulo observado del centro del Sol | 66 | 44 | 53 |
| Suma | 230 | 48 | 09 |
| Semisuma | 115 | 24 | 04½ |
| Diferencia primera | 37 | 00 | 19½ |
| segunda | 29 | 44 | 33½ |
| Seno del angulo $\frac{PZO}{2}$ | 23 | 34 | 04 |

luego angulo horizontàl entre la Señal de Pambamarca, y el centro del Sol 67° 08′ 08″.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Complemento de la alt. del centro del Sol | 78 | 23 | 45 |
| Latitud de *Oyambàro* [a] | 89 | 48 | 40 |
| Declinacion del Sol à la hora de la observ. [b] | 69 | 06 | 13 |

a Lib. 2. pag. 36.

Su-

b. Para calcular la Declinacion del Sol se tomò la maxima de 23° 28′ 20″ conforme à lo que se determinò en el Libro primero pag. 18.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Suma | 237 | 18 | 38 |
| Semiſuma | 118 | 39 | 19 |
| Diferencia primera | 40 | 15 | 34 |
| ſegunda | 28 | 50 | 39 |
| Seno del angulo $\frac{OZS}{2}$ | 34 | 20 | 34 |

luego angulo Azimuthàl del centro del Sol à la hora de la Obſervacion 68° 41′ 08″;
que añadido à el angulo horizontàl entre la Señal de *Pambamarca*, y el centro del Sol 67° 08′ 08″,
tendrémos el angulo PZS de 135 49 16
cuyo ſuplemento dà la inclinacion de la Señal de *Pambamarca* del Norte al Eſte, ò el angulo HZP de 44 10 44

a Fig. 10 Lam. 4

El dia 26 de Noviembre del miſmo año deſde la propia Señal de *Oyambàro* (A)[a] *M. Godin* obſervò, teniendo de altura el centro del Sol 11° 44′ 35″, el angulo entre el limbo Septentrionàl del Sol, y la Señal de *Pambamarca* (C) de 66° 39′ 28″

Los datos para eſte calculo ſon

| | | | |
|---|---|---|---|
| Altura del centro del Sol | 11 | 44 | 35 |
| Refraccion ſubſtractiva | 00 | 4 | 39 |
| Altura verdadera del Sol | 11 | 39 | 56 |
| Angulo obſervado del limbo Sept. del Sol | 66 | 39 | 28 |
| Semidiametro aparente de *M. de Louville* | 00 | 16 | 15 |
| Angulo obſervado del centro del Sol | 66 | 55 | 43 |
| El complem. de la altura de *Pambamarca* (C) | 85 | 39 | 31 |
| Latitud de *Oyambàro* (A) | 89 | 48 | 40 |
| Declinacion del Sol | 68 | 54 | 52 |

Con los quales, haciendo el calculo como en el antecedente,

te, ſe hallarà la inclinacion de *Pambamarca* del Norte al Eſte, ò el angulo HZP[a] de 44° 11′ 30″ a Fig. 7 Lam. 6

El miſmo dia 26 de Noviembre deſde la propia Señal de *Oyambàro* (A)[b] *M. Godin*, *Don Antonio de Ulloa*, y yo, teniendo de altura el centro del Sol 1° 46′ 30″, obſervamos el angulo entre el limbo Septentrionàl del Sol, y la Señal de *Tanlàgua* (D) de 80° 49′ 27½″ b. Fig. 10 Lam. 4

Los datos para el calculo ſon

| | | | |
|---|---|---|---|
| Altura del centro del Sol | 1° | 46′ | 30″ |
| Refraccion ſubſtractiva | 0 | 22 | 37 |
| Altura verdadera del centro del Sol | 1 | 23 | 53 |
| Altura de *Tanlàgua* (D) | 1 | 18 | 30 |
| Angulo obſervado del limbo Sept. del Sol | 80 | 49 | 27½ |
| Semidiam. aparente del Sol de *M. de Louville* | 0 | 16 | 15 |
| Angulo obſervado del centro del Sol | 81 | 05 | 42½ |
| El complem. de la Latitud de *Oyambàro* (A) | 89 | 48 | 40 |
| Declinacion del Sol | 68 | 49 | 44 |

Con los quales haciendo el calculo, ſe hallarà la inclinacion de *Tanlàgua* (D) del Norte al Oeſte de 30° 03′ 01″

El dia 21 de Febrero de 1739 deſde la Señal de *Sèſgum* (V), eſtando el Sol, y la Señal de *Lanlangùſo* (U) dentro del miſmo anteojo, obſervamos *M. Godin*, y yo con el Micrometro, el angulo que formaba el limbo Septentrionàl del Sol con dicha Señal de 00° 21′ 35½″

Los datos para el calculo ſon

| | | | |
|---|---|---|---|
| La Latitud de *Sèſgum* (V) calculada es de | 1° | 52′ | 12″ |
| La altura de la Señal de *Lanlangùſo* (U) que es la miſma, que la del centro del Sol | 1 | 52 | 20 |
| Refraccion ſubſtractiva | 0 | 21 | 57 |
| Altura verdadera del centro del Sol | 1 | 30 | 23 |
| El complemento de la Declinacion del Sol | 79 | 34 | 15 |

Aa Con

Con los quales, haciendo el calculo, ſe hallarà la inclinacion de *Lanlangùſo* (U) del Sur al Oeſte de 80° 14′ 31″

El dia 8 de Julio de 1739 deſde la Señal de *Yaſuaì* (♌), *M. Godin*, y yo obſervamos el angulo entre el limbo Meridionàl del Sol, y la Señal de *Bueràn* (γ), eſtando el Sol à la parte Meridionàl de la Señal, de 2° 30′ 49″

Los datos para el calculo ſon

| | | | |
|---|---|---|---|
| Altura de la Señal de *Buerán* (γ), que es la miſma que la del centro del Sol | 0° | 21′ | 08″ |
| Refraccion ſubſtractiva | 0 | 31 | 08 |
| Verdadera depreſsion del Sol | 0 | 10 | 00 |
| Latitud de *Yaſuaì*, (♌) calculada | 2 | 41 | 46 |
| Declinacion del Sol | 22 | 29 | 19 |
| Semidiametro aparente del miſmo | 00 | 15 | 47 |

Con los quales, haciendo el calculo, ſe hallarà la inclinacion de *Buerán* (γ) del Norte al Oeſte de 65° 14′ 36″

El dia 20 de Febrero de 1744 deſde la Señal de *Campanario* (ζ) teniendo de altura el Sol 1° 45′ 06″, obſervè el angulo entre el limbo Meridionàl del Sol, y la Señal de *Cosìn* (φ) de 40° 28′ 13″

Los datos para el calculo ſon

| | | | |
|---|---|---|---|
| Altura del centro del Sol | 1 | 45 | 06 |
| Refraccion ſubſtractiva | 0 | 22 | 46 |
| Altura verdadera del centro del Sol | 1 | 22 | 20 |
| Altura de *Cosìn* (φ) | 00 | 22 | 55 |
| Angulo obſervado del limbo Merid. del Sol | 40 | 28 | 13 |
| Semidiametro aparente del miſmo | 00 | 16 | 13 |
| Angulo obſervado del centro del Sol | 40 | 12 | 00 |
| Latitud de *Campanario*, (ζ) Sur calculada | 00 | 02 | 30 |
| Declinacion del Sol | 11 | 01 | 41½ |

Con los quales, haciendo el calculo, ſe hallarà la inclinacion

cion de *Cosìn* (Φ) del Norte al Eſte de 60° 50′ 16″

De las ſeis Obſervaciones ſe han deducido las inclinaciones, que ſe ſiguen.

| | | |
|---|---|---|
| 1 | De *Oyambàro*(A) *Pambamarca*(C) del N. al E. | 44° 10′ 44 |
| 2 | | 44 11 30 |
| 3 | *Tanlàgua*(D) del N. al O. | 30 03 01 |
| 4 | De *Sèſgum* (V) *Lanlanguſo* (U) del S. al O. | 80 14 31 |
| 5 | De *Yaſuaì* (♌) *Bueràn* (γ) del N. al O. | 65 14 36 |
| 6 | De *Campanàrio* (ζ) *Cosìn* (Φ) del N. al E. | 60 50 16 |

Eſtas cinco inclinaciones no ſon ſuficientes, para calcular todas las diſtancias entre los paralelos de las Señales: es preciſo ſaber todas las inclinaciones de los lados occidentales de la Série de triangulos; las quales ſe pueden deducir, añadiendo à una inclinacion dada la ſuma de los tres angulos, formados en una Señal, y tomando el ſuplemento: eſto es, ſi ſe tiene conocida la inclinacion de ♆ζ, y ſe le agregan los tres angulos ♆ζΦ, ΦζC, CζE, y ſe toma el ſuplemento de toda la ſuma, quedarà la inclinacion de ζE del Sur al Eſte; pero es neceſſario advertir, que los tres angulos, que ſe han de agregar, han de ſer reducidos à horizontales; por lo que es preciſo, para obtener las inclinaciones de todos los lados occidentales, reducir todos los angulos formados en las Señales occidentales à horizontales, y tambien uno formado en *Oyambàro*, y *Pambamarca*, cuya operacion es la miſma, que hice para reducir à horizontàl el angulo obſervado entre las Señales, y el Sol en las Obſervaciones de Azimuth: eſto es, ſi P [a] repreſenta una Señal, y O otra, el arco de circulo maximo PO comprehenderà el angulo obſervado entre las dos Señales P, O; y teniendo conocidos los complementos de ſus alturas ſobre el Horizonte PZ, OZ, ſe conoceràn los tres

[a] Fig. 7. Lam. 6.

tres lados del triangulo PZO, por donde se vendrà en conocimiento del angulo PZO, que es el horizontàl, comprehendido entre dichas Señales, P, O.

[a] Fig.10. Lam.4.

### Reduccion de los angulos formados en *Cuicòcha* (Ψ)[a] à horizontales.

| | | | |
|---|---|---|---|
| De *Cuicòcha* (Ψ) depression de *Mira* (ω) + 90° | 92° | 22′ | 40″ |
| *Cosìn* (Φ) + 90 | 90 | 09 | 58 |
| Ang. en *Cuicòcha* (Ψ) entre *Mira* (ω) y *Cosìn* (Φ) | 82 | 21 | 03 |
| Suma | 264 | 53 | 41 |
| Semisuma | 132 | 26 | 50$\frac{1}{2}$ |
| Diferencia primera | 40 | 04 | 10$\frac{1}{2}$ |
| segunda | 42 | 16 | 52$\frac{1}{2}$ |
| Seno de la mitad del angulo | 41 | 10 | 32 |
| luego angulo horizontàl en *Cuicòcha* (Ψ) entre *Mira* (ω), y *Cosìn* (Φ) | 82 | 21 | 04 |
| De *Cuicòcha* (Ψ) depres. de *Cosìn* (Φ) + 90° | 90 | 09 | 58 |
| *Campan.* (ζ) + 90° | 90 | 45 | 45 |
| Angulo en *Cuicòcha* (Ψ) entre *Cosìn* (Φ), y *Campanàrio* (ζ) | 16 | 15 | 31$\frac{1}{2}$ |

y siguiendo el calculo se hallarà este angulo reducido à horizontàl de 66° 15′ 32″

### Reduccion de los angulos formados en *Campanàrio* (ζ) à horizontales.

| | | | |
|---|---|---|---|
| De *Camp.* (ζ) compl. de la alt. de *Cuicòcha* (Ψ) | 89° | 38′ | 21″ |
| *Cosìn* (Φ) | 89 | 37 | 05 |
| Ang. en *Camp.* (ζ) entre *Cuicòcha* (Ψ) y *Cosìn* (Φ) | 38 | 02 | 27 |
| que dà el horizontàl de | 38 | 02 | 30 |

De

| | | | |
|---|---|---|---|
| De *Camp.*(ζ) comp. de la altura de *Cosìn* (Φ) | 89° | 37′ | 05″ |
| *Pamba.*(C) | 89 | 04 | 10 |
| Angul. en *Camp.*(ζ) entre *Cosìn*(Φ) y *Pamb.*(C) | 38 | 07 | 38 |
| de donde ſe deduce el horizontàl | 38 | 07 | 34 |
| De *Camp.*(ζ) compl. de la altura de *Pamb.*(C) | 89 | 04 | 10 |
| depreſ. de *Guàpulo* (E)+90° | 91 | 55 | 55 |
| Ang. en *Camp.*(ζ) entre *Pamb.*(C) y *Guàpul.*(E) | 75 | 04 | 20 |
| de donde ſe deduce el horizontàl | 75 | 01 | 44 |

Reduccion del angulo formado en *Oyambàro* (A) entre *Pambamàrca* (C) y *Tanlàgua* (D) à horizontàl.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Complemento de la altura de *Pambamàrca*(C) | 85° | 39′ | 31″ |
| *Tanlàgua* (D) | 88 | 41 | 30 |
| Angulo obſervado | 74 | 10 | 58 |
| de donde ſe deduce el horizontàl | 74 | 14 | 06 |

Reduccion del angulo formado en *Pambamàrca* (C) entre *Oyambàro* (A) y *Campanàrio* (ζ) à horizontàl.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Complem. de la depreſ. de *Oyambàro* (A) | 85° | 29′ | 33″ |
| *Campanàrio* (ζ) | 88 | 47 | 50 |
| Angulo obſervado | 54 | 47 | 44½ |
| de donde ſe deduce el horizontàl | 54 | 46 | 38½ |

Reduccion de los angulos en *Guàpulo* (E)

| | | | |
|---|---|---|---|
| Complem. de la altura de *Campanàrio* (ζ) | 88° | 13′ | 25″ |
| *Pambamàrca* (C) | 88 | 03 | 45 |
| Angulo obſervado | 72 | 54 | 10 |
| de donde ſe deduce el horizontàl | 72 | 56 | 50 |
| Complem. de la altura de *Pambamàrca* (C) | 88 | 03 | 45 |
| *Guamanì* (F) | 87 | 51 | 30 |

An-

| | | | |
|---|---|---|---|
| Angulo obſervado | 72° | 08′ | 52″ |
| horizontàl | 72 | 12 | 02 |
| Complemento de la altura de *Guamanì* (F) | 87 | 51 | 30 |
| *el Corazòn* (G) | 88 | 25 | 45 |
| Angulo obſervado | 69 | 25 | 54 |
| horizontàl | 69 | 28 | 17 |

Reduccion de los angulos en el *Corazòn* (G)

| | | | |
|---|---|---|---|
| Depreſsion de *Guàpulo* (E)+90° | 91° | 57′ | 08½″ |
| *Chinchulàgua* (H)+90° | 90 | 48 | 39 |
| Angulo obſervado | 58 | 53 | 26 |
| horizontàl | 58 | 53 | 58 |
| Depreſsion de *Chinchulàgua* (H)+90° | 90 | 48 | 39 |
| *Limpie-Pòngo* (I)+90° | 90 | 08 | 39 |
| Angulo obſervado | 36 | 14 | 53 |
| horizontàl | 36 | 14 | 36 |
| Depreſsion de *Limpie-Pòngo* (I)+90° | 90 | 08 | 39 |
| *Milìn* (K)+90° | 91 | 25 | 08 |
| Angulo obſervado | 66 | 43 | 25½ |
| horizontàl | 66 | 43 | 12 |

Reduccion de los angulos en *Milìn* (K)

| | | | |
|---|---|---|---|
| Complemento de la altura del *Corazòn* (G) | 88° | 54′ | 17½″ |
| *Papaùrcu* (L) | 89 | 56 | 37 |
| Angulo obſervado | 44 | 16 | 47 |
| horizontàl | 44 | 16 | 14 |
| Complemento de la altura de *Papaùrcu* (L) | 89 | 56 | 37 |
| *Vengotasìn* (M) | 88 | 48 | 40 |

An-

| | | | |
|---|---|---|---|
| Angulo obſervado | 60° | 31′ | 59″ |
| horizontàl | 60 | 31 | 39 |
| | | | |
| Complemento de la altura de *Vengotasìn* (M) | 88 | 48 | 40 |
| *Chulàpu* (N) | 89 | 35 | 25 |
| Angulo obſervado | 52 | 18 | 06½ |
| horizontàl | 52 | 18 | 06½ |

Reduccion de los angulos en *Chulàpu* (N)

| | | | |
|---|---|---|---|
| Depreſsion de *Milìn* (K) + 90° | 90° | 41′ | 21½″ |
| Complemento de la altura de *Vengotasìn* (M) | 89 | 32 | 45 |
| Angulo obſervado | 49 | 18 | 11 |
| horizontàl | 49 | 17 | 27 |
| | | | |
| Complemento de la altura de *Vengotasìn* (M) | 89 | 32 | 45 |
| Depreſsion de *Jivicàtſu* (O) + 90° | 92 | 42 | 50 |
| Angulo obſervado | 73 | 54 | 03 |
| horizontàl | 73 | 51 | 34 |
| | | | |
| Depreſsion de *Jivicàtſu* (O) + 90° | 92 | 42 | 50 |
| *Chichichòco* (P) + 90° | 90 | 40 | 23 |
| Angulo obſervado | 75 | 56 | 22 |
| horizontàl | 75 | 57 | 18 |

Reduccion de los angulos en *Chichichòco* (P)

| | | | |
|---|---|---|---|
| Complemento de la altura de *Chulàpu* (N) | 89° | 32′ | 55″ |
| Depreſsion de *Jivicàtſu* (O) + 90° | 91 | 09 | 19 |
| Angulo obſervado | 35 | 10 | 20 |
| horizontàl | 35 | 08 | 02 |

De-

| | | | |
|---|---|---|---|
| Depreſsion de *Jivicàtſu* (O) + 90° | 91° | 09′ | 19″ |
| complemento de la altura de *Mulmùl* (Q) | 88 | 46 | 55 |
| Angulo obſervado | 72 | 06 | 00 |
| horizontàl | 72 | 03 | 28 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Complemento de la altura de *Mulmùl* (Q) | 88 | 46 | 55 |
| *Guayàma* (R) | 86 | 30 | 25 |
| Angulo obſervado | 48 | 51 | 40 |
| horizontàl | 48 | 51 | 04 |

Reduccion de los angulos en *Guayàma* (R)

| | | | |
|---|---|---|---|
| Depreſsion de *Chichichòco* (P) + 90° | 93° | 36 | 38½ |
| *Mulmùl* (Q) + 90° | 92 | 17 | 57½ |
| Angulo obſervado | 76 | 49 | 05 |
| horizontàl | 76 | 56 | 02 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Depreſsion de *Mulmúl* (Q) + 90° | 92 | 17 | 57½ |
| *Ilmàl* (S) + 90° | 91 | 34 | 07½ |
| Angulo obſervado | 91 | 22 | 25 |
| horizontàl | 91 | 26 | 16 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Depreſsion de *Ilmàl* (S) + 90° | 91 | 34 | 07½ |
| *Siſa-Pòngo* (T) + 90° | 90 | 39 | 26 |
| Angulo obſervado | 71 | 35 | 55 |
| horizontàl | 71 | 36 | 33 |

Reduccion de los angulos en *Siſa-Pòngo* (T)

| | | | |
|---|---|---|---|
| Complemento de la altura de *Guayàma* (R) | 89 | 37 | 13 |
| Depreſsion de *Ilmàl* (S) + 90° | 90 | 39 | 33 |
| Angulo obſervado | 41 | 03 | 30 |
| horizontàl | 41 | 02 | 45 |

De-

| | | | |
|---|---|---|---|
| Depreſsion de *Ilmàl* (S) + 90° | 90° | 39′ | 33″ |
| *Sèſgum* (V) + 90° | 91 | 06 | 33 |
| Angulo obſervado | 48 | 31 | 40 |
| horizontàl | 48 | 31 | 55 |
| | | | |
| Depreſsion de *Sèſgum* (V) + 90° | 91 | 06 | 33 |
| Complemento de la alt. de *Lanlangúſo* (U) | 89 | 30 | 15 |
| Angulo obſervado | 47 | 28 | 35 |
| horizontàl | 47 | 27 | 06 |

Reduccion de los angulos en *Lanlangùſo* (U)

| | | | |
|---|---|---|---|
| Depreſsion de *Siſa-Pòngo* (T) + 90° | 90 | 43 | 00½ |
| *Sèſgum* (V) + 90° | 92 | 04 | 20 |
| Angulo obſervado | 80 | 30 | 29 |
| horizontàl | 80 | 32 | 16 |
| | | | |
| Depreſsion de *Sèſgum* (V) + 90° | 92 | 04 | 20 |
| *Senegualàp* (X) + 90° | 90 | 22 | 35 |
| Angulo obſervado | 47 | 46 | 34 |
| horizontàl | 47 | 45 | 25 |
| | | | |
| Depreſsion de *Senegualàp* (X) + 90° | 90 | 22 | 35 |
| *Chuſaì* (Y) + 90° | 91 | 20 | 42 |
| Angulo obſervado | 66 | 28 | 27 |
| horizontàl | 66 | 28 | 35 |

Reduccion de los angulos en *Chuſaì* (Y)

| | | | |
|---|---|---|---|
| Complem. de la altura de *Lanlangúſo* (U) | 88 | 52 | 09½ |
| *Senegualàp* (X) | 89 | 14 | 55 |
| Angulo obſervado | 57 | 50 | 47 |
| horizontàl | 57 | 51 | 14 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Complem. de la altura de *Senegualàp* (X) | 89° | 14′ | 55″ |
| *Tiolòma* (Z) | 89 | 17 | 25 |
| Angulo obſervado | 45 | 21 | 56 |
| horizontàl | 45 | 22 | 10 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Complemento de la altura de *Tiolòma* (Z) | 89 | 17 | 25 |
| *Sinaſaguàn* (α) | 88 | 30 | 58 |
| Angulo obſervado | 50 | 53 | 07 |
| horizontàl | 50 | 53 | 32 |

Reduccion de los angulos en *Sinaſaguàn* (α)

| | | | |
|---|---|---|---|
| Depreſsion de *Chuſaì* (Y) + 90° | 91° | 42′ | 48″ |
| *Tiolòma* (Z) + 90° | 90 | 40 | 14 |
| Angulo obſervado | 77 | 11 | 31 |
| horizontàl | 77 | 12 | 21 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Depreſsion de *Tiolòma* (Z) + 90° | 90 | 40 | 14 |
| *Quinoalòma* (β) + 90° | 91 | 33 | $06\frac{1}{2}$ |
| Angulo obſervado | 50 | 38 | $52\frac{1}{2}$ |
| horizontàl | 50 | 39 | 04 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Depreſsion de *Quinoalòma* (β) + 90° | 91 | 33 | $06\frac{1}{2}$ |
| *Bueràn* (γ) + 90° | 91 | 43 | $29\frac{1}{2}$ |
| Angulo obſervado | 86 | 39 | 09 |
| horizontàl | 86 | 41 | 48 |

Reduccion de los angulos en *Bueràn* (γ)

| | | | |
|---|---|---|---|
| Complem. de la altura de *Sinaſaguàn* (α) | 88° | 29″ | 18″ |
| *Quinoalóma* (β) | 89 | 56 | 08 |
| Angulo obſervado | 44 | 27 | 07 |
| horizontàl | 44 | 26 | 02 |

Com-

| | | | |
|---|---|---|---|
| Complem. de la altura de *Quinoalòma* (β) | 89° | 56′ | 08″ |
| Depreſsion de *Yaſuaì* (δ) + 90° | 90 | 32 | 28 |
| Angulo obſervado | 47 | 11 | 44 |
| horizontàl | 47 | 11 | 32 |
| | | | |
| Depreſsion de *Yaſuaì* (δ) + 90° | 90 | 32 | 28 |
| *Suralpàlte* (π) + 90° | 91 | 14 | 51$\frac{3}{4}$ |
| Angulo obſervado | 85 | 07 | 21 |
| horizontàl | 85 | 07 | 59 |

Reduccion de los angulos en *Suralpàlte* (π).

| | | | |
|---|---|---|---|
| Complemento de la altura de *Bueràn* (γ) | 88° | 52′ | 52$\frac{1}{2}$″ |
| *Yaſuaì* (δ) | 89 | 50 | 57$\frac{1}{2}$ |
| Angulo obſervado | 61 | 57 | 22 |
| horizontàl | 61 | 57 | 13 |
| | | | |
| Complemento de la altura de *Yaſuaì* (δ) | 89 | 50 | 57$\frac{1}{2}$ |
| Depreſsion de *Guanacàuri* (θ) + 90° | 93 | 09 | 02$\frac{1}{2}$ |
| Angulo obſervado | 87 | 14 | 17 |
| horizontàl | 87 | 13 | 32 |
| | | | |
| Depreſsion de *Guanacàuri* (θ) + 90° | 93 | 09 | 02$\frac{1}{2}$ |
| *la Torre de Cuenca* (ε) + 90° | 92 | 55 | 27$\frac{1}{2}$ |
| Angulo obſervado | 20 | 33 | 16 |
| horizontàl | 20 | 34 | 57. |

Haviendo reducido los angulos à horizontáles, ſe pueden, como queda dicho, hallar todas las inclinaciones de los lados occidentales de la Série de triangulos reſpeto del Meridiano.

Por la tercera Obſervacion de Azimuth, queda

| | | | |
|---|---|---|---|
| *Tanlagua* (D) de *Oyambàro* (A) del N. al O. | 30° | 03′ | 01″ |
| lo que ſubſtraìdo del angulo horizontàl en *Oyambàro*(A)entre *Tanl.*(D)y *Pambamàrca* (C), | 74 | 14 | 06 |
| quedarà ſegun eſte Azimuth de *Oyambàro*(A) *Pambamàrca* (C) del N. al E. | 44 | 11 | 05 |
| Por el primer Azimuth es eſta miſma direc.de | 44 | 10 | 44 |
| ſegundo | 44 | 11 | 30 |
| medio arithmetico entre los tres | 44 | 11 | 06½ |
| añadiendole el angulo horiz.en Pambam.(C) entre *Oyambàro* (A) y *Campanàrio* (ζ) | 54 | 46 | 38½ |
| ſe tendrà la ſuma | 98 | 57 | 45 |
| cuyo ſuplem. ſerà la inclin.de *Campanàrio* (ζ) deſde *Pambamàrca* (C) del N. al O. | 81 | 02 | 15 |
| Añadiendole el angulo horiz. en *Campan.*(ζ) entre *Pambamàrca* (C) y *Cosìn* (Φ) | 38 | 07 | 34 |
| ſe tendrà la ſuma | 119 | 09 | 49 |
| cuyo ſuplem. ſerà la inclinacion de *Cosìn* (Φ) deſde *Campanàrio* (ζ) del N. al E. | 60 | 50 | 11 |
| que ſe diferencia muy poco del ultimo Azimuth obſervado , que es de | 60 | 50 | 16 |
| y aſsi ſe puede tomar un medio,y aſſentar,que de *Campanàrio*(ζ) queda *Cosìn* (Φ)del N. al E. | 60 | 50 | 13 |
| Subſtrayendo el angulo horiz.en *Campan.* (ζ) entre *Cosìn* (Φ) y *Cuicòcha* (Ψ) | 38 | 02 | 30 |
| quedarà de *Camp.*(ζ) *Cuicòcha*(Ψ) del N. al E. | 22 | 47 | 43 |
| Subſtraìda eſta inclinacion de los dos angulos horizontàles en *Cuicòcha* (Ψ) | 148 | 36 | 36 |
| quedan | 125 | 48 | 53 |
| y ſu ſuplem.dà la inclinacion de *Cuicòcha*(Ψ) à *Mìra* (ω) del N. al E. | 54 | 11 | 07 |

De

| | | | |
|---|---|---|---|
| De *Campanàrio* (ζ) *Cuicòcha* (Ψ) del N. al E. | 22° | 47′ | 43″ |
| Mas los tres ang. horizontàles en *Camp.*(ζ) | 151 | 11 | 48 |
| Suma | 173 | 59 | 31 |
| ſu ſupl.queda de *Camp.*(ζ)*Guàp.*(E)del S.al E. | 06 | 00 | 29 |
| Añadiendo la diferencia de los tres angulos horizontàles en *Guàpulo* (E) à 360° | 145 | 22 | 51 |
| Suma | 151 | 23 | 20 |
| ſu ſuplemento; queda de *Guàpulo* (E) el *Corazon* (G) del S. al O. | 28 | 36 | 40 |
| Añadien.los tres ang.horiz.en el *Corazòn*(G) | 161 | 51 | 46 |
| Suma menos 180°; queda del *Corazòn* (G) *Milìn* (K) del S. al O. | 10 | 28 | 26 |
| Añadiendo los tres ang.horiz. en *Milìn* (K) | 157 | 05 | 59½ |
| Suma | 167 | 34 | 25½ |
| ſu ſup.queda de *Milìn*(K) *Chul.*(N) del S.al E. | 12 | 25 | 34½ |
| Subſtrayendo de los tres angulos horizontàles en *Chulàpu* (N) menos 180° | 19 | 06 | 19 |
| quedarà la direccion de *Chulàpu* (N) à *Chichichòco* (P) del S. al O. | 06 | 40 | 44½ |
| Añadiendo los tres ang.horiz.en *Chichic.*(P) | 156 | 02 | 34 |
| Suma | 162 | 43 | 18½ |
| ſu ſuplem. queda de *Chichichòco* (P) *Guayàma* (R) del S. al E. | 17 | 16 | 41½ |
| Subſtrayendo eſto de los tres angulos horizontàles en *Guayama* (R) menos 180° | 59 | 58 | 51 |
| quedarà la direccion de *Guayama* (R) à *Siſa-Pòngo* (T) del S. al O. | 42 | 42 | 09½ |
| Añadien. los tres ang.hor.en *Siſa-Pongo*(T) | 137 | 01 | 46 |
| Suma | 179 | 43 | 55½ |
| ſu ſuplemento; queda de *Siſa-Pòngo*(T)*Lanlangùſo* (U) del S. al E. | 00 | 16 | 04½ |

Subſ-

| | | | |
|---|---|---|---|
| Subſtraìdo eſto del angulo horizontàl en *Lanlangùſo* (U) formado entre *Siſa-Pongo* (T) y *Sèſgum* (V) | 80° | 32′ | 16″ |
| quedarà de *Lanlang.*(U)*Sèſgum*(V) del N. al E | 80 | 16 | 11$\frac{1}{2}$ |
| Por la Obſervacion de Azimuth 4.ª ſe hallò | 80 | 14 | 31 |
| cuya diferencia , deſpues de una Série tan larga de triangulos, ſolo es de | 00 | 01 | 40$\frac{1}{2}$ |
| que prueba la exactitud de los triangulos, y Obſervaciones. | | | |
| Queda de *Lanlangùſo* (U) *Sèſgum* (V) ſegun la Obſervacion del N. al E. | 80 | 14 | 31 |
| à lo qual añadiendo los dos angulos horizontàles en *Lanlangùſo* (U) | 144 | 14 | 00 |
| Suma menos 180°; queda de *Lanlangùſo* (U) *Chuſaì* (Y) del S. al O. | 14 | 28 | 31 |
| Añadiendo los tres angulos horizontàles en *Chuſaì* (Y) | 154 | 06 | 47 |
| Suma | 168 | 35 | 18 |
| ſu ſuplemento ; queda de *Chuſaì* (Y) *Sinaſaguàn* ($\alpha$) del S. al E. | 11 | 24 | 42 |
| Subſtrayendo eſto de los tres angulos horizontàles en *Sinaſaguàn* ($\alpha$) menos 180° | 34 | 33 | 13 |
| quedarà de *Sinaſag.*($\alpha$) *Bueràn* ($\gamma$) del S. al O. | 23 | 08 | 31 |
| Añadiendo los dos primeros angulos horizontàles en *Bueràn* ($\gamma$) | 91 | 37 | 34 |
| Suma | 114 | 46 | 05 |
| Su ſuplemento; queda de *Bueràn* ($\gamma$) *Yaſuaì* ($\delta$) del S. al E. | 65 | 13 | 55 |
| Por la Obſervacion de Azimuth 5ª quedò | 65 | 14 | 41 |
| cuya diferencia es ſolo de | 00 | 00 | 41 |

que prueba de nuevo lo exacto de las Obſervaciones.

Que-

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Queda de *Sinaſag.*(α) *Bueràn* (γ) del S. al O. | 23° | 08′ | 31″ | |
| Añadiendo los tres angulos horizontàles en *Bueràn* (γ) | 176 | 45 | 33 | |
| Suma menos 180°; queda de *Bueràn* (γ) *Surampàlte* (π) del S. al O. | 19 | 54 | 04 | |
| Añadiendo los tres angulos horizontàles en *Surampàlte* (π) | 169 | 45 | 42 | |
| Suma menos 180°; queda de *Surampàlte* (π) la *Torre de Cuenca* (ε) del S. al O. | 09 | 39 | 46 | |

De todo eſte calculo ſe deduce la tabla, que ſe ſigue.

## Tabla de las inclinaciones de los lados Occidentàles de la Série de triangulos reſpeto del Meridiano.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Queda de Mira(ω)*Cuicòcha*(Ψ) | 54° | 11′ | 07″ | del S. al O. |
| *Cuicòcha* (Ψ)*Campanar.*(ζ) | 24 | 47 | 43 | |
| *Campanario*(ζ)*Guàpulo*(E) | 06 | 00 | 29 | del S. al E. |
| *Guàpulo* (E) *el Corazòn* (G) | 28 | 36 | 40 | del S. al O. |
| *el Corazòn* (G) *Milìn* (K) | 10 | 28 | 26 | |
| *Milìn* (K) *Chulàpu* (N) | 12 | 25 | 34½ | del S. al E. |
| *Chulàpu*(N) *Chichichòco* (P) | 06 | 40 | 44½ | del S. al O. |
| *Chichichòco* (P)*Guayàma*(R) | 17 | 16 | 41½ | del S. al E. |
| *Guayàma*(R) *Siſa-Pòngo*(T) | 42 | 42 | 09½ | del S. al O. |
| *Siſa-Pòngo*(T) *Lanlang.*(U) | 00 | 16 | 04½ | del S. al E. |
| *Lanlangùſo* (U) *Chuſaì* (Y) | 14 | 28 | 31 | del S. al O. |
| *Chuſaì* (Y) *Sinaſaguàn* (α) | 11 | 24 | 42 | del S. al E. |
| *Sinaſaguàn* (α) *Bueràn*(γ) | 23 | 08 | 31 | del S. al O. |
| *Bueràn* (γ) *Surampàlte* (π) | 19 | 54 | 04 | |
| *Sur.*(π) *la Torre de Cuenca*(ε) | 09 | 39 | 46 | |

CA-

# CAPITULO VI.

## *Deduccion de las diſtancias entre los Paralelos de las Señales.*

HAlladas yà las inclinaciones de los lados de la Série de triangulos reſpeto del Meridiano , podémos calcular las diſtancias entre los Paralelos de las Señales, explicando primero el methodo en que ſe deben deducir , y el motivo, que en el caſo preſente facilita el calculo.

En la Eſtereographica proyeccion de la Eſphera, ſobre el plano del Horizonte, ſean,

a Fig. 8. Lam.6. Z[a] el Zenith, y una Señal

A otra Señal

ZN un Meridiano

ZA un circulo de Azimuth

AN un circulo maximo, que paſſando por la Señal A cae perpendicularmente ſobre el Meridiano ZN.

Conſidereſé formado debaxo del triangulo Eſphérico ZAN, el rectilineo rectangulo ZAD , de ſuerte , que el lado ZD coincida con el Meridiano ZN , y lo miſmo la Hypothenuſa del triangulo rectilineo con el Azimuth ZA; quedando ſolo ſin coincidìr el lado AD con el circulo maximo AN ; y el lado ZD del triangulo rectilineo ſerà menor , que el ZN del triangulo Eſphérico toda la porcion DN ; mas èſta es tan corta, que ſe puede , ſin que ſe origine yerro ſenſible,tomar un lado por el otro en el calculo,y reſolver aſsimiſmo un triangulo por el otro ; pero el circulo maximo AN , que cae perpendicularmente ſobre el Meridiano ZN , es por haverſe hecho la medida de la Sèrie de trian-

triangulos en el Equador el miſmo Equador; luego es tambien el paralelo de la Señal A; y por conſiguiente, la diſtancia ZN, ò ZD del triangulo rectilineo rectangulo ZDA es la de los paralelos de las Señales Z, y A; y para hallarla es ſuficiente la reſolucion de eſte triangulo. De otra ſuerte por ſi ſe hiciere mas inteligible.

Pueſta ZD por el Meridiano de la Señal Z, y AB por el de la Señal A, ZB por el paralelo de Z, y AD por el de A, tendrémos los angulos DAB, DZB rectos; pero los Meridianos ZD, AB, por haverſe hecho la medida en el Equador ſon ſenſiblemente paralelos; luego los angulos ADZ, ZBA tambien ſeràn rectos; y por conſiguiente la diſtancia ZD, entre los paralelos de las dos Señales, es la miſma, que la del triangulo rectilineo ZDA; y ſe hallarà ſin mas correccion con eſta analogía.

Como el radio
Al Seno 2. de la inclinacion DZA
Aſsi la diſtancia de las Señales ZA reducida à horizontàl
A la diſtancia entre los paralelos ZD.

Eſto ſupueſto, el calculo es como ſe ſigue.

Hallar la diſtancia entre los Paralelos de ωΨ.[a]

[a] Fig.10 Lam.4

| | |
|---|---|
| Radio | 90° 00′ 00″ |
| Seno 2. de la inclinaciòn | 54 11 07 |
| Diſtancia horizontàl Ψω | 20703.536 toeſas |
| Diſtancia entre los paralelos de ωΨ | 12155.006 |

de Ψζ

| | |
|---|---|
| Radio | 90° 00′ 00″ |
| Seno 2. de la inclinaciòn | 22 47 48 |
| Diſtancia horizontàl Ψζ | 23130.299 toeſas |
| Diſtancia entre los paralelos de Ψζ | 21323.709 |

de ζE

| | |
|---|---|
| Radio | 90° 00′ 00″ |
| Seno 2. de la inclinaciòn | 06 00 29 |
| Diſtancia horizontàl ζE | 8698.453 toeſas |
| Diſtancia entre los paralelos de ζE | 8650.321 |

de EG

| | |
|---|---|
| Radio | 90° 00 00 |
| Seno 2. de la inclinaciòn | 28 36 40 |
| Diſtancia horizontàl EG | 21953.234 toeſas |
| Diſtancia entre los paralelos de EG | 19272.536 |

de GK

| | |
|---|---|
| Radio | 90° 00 00 |
| Seno 2. de la inclinaciòn | 10 28 26 |
| Diſtancia horizontàl GK | 16173.809 toeſas |
| Diſtancia entre los paralelos de GK | 18854.333 |

de KN

| | |
|---|---|
| Radio | 90° 00 00 |
| Seno 2. de la inclinaciòn | 12 25 34 |
| Diſtancia horizontàl KN | 16765.992 toeſas |
| Diſtancia entre los paralelos de KN | 16373.266 |

de NP

| | |
|---|---|
| Radio | 90° 00 00 |
| Seno 2. de la inclinaciòn | 06 40 44½ |
| Diſtancia horizontàl NP | 13217.175 toeſas |
| Diſtancia entre los paralelos de NP | 13127.474 |

de PR

| | |
|---|---|
| Radio | 90° 00 00 |
| Seno 2. de la inclinaciòn | 17 16 41½ |
| Diſtancia horizontàl PR | 6762.335 toeſas |
| Diſtancia entre los paralelos de PR | 6457.178 |

de

de RT

| | |
|---|---|
| Radio | 90° 00′ 00″ |
| Seno 2. de la inclinaciòn | 42 42 09½ |
| Diſtancia horizontàl RT | 16523.658 toeſas |
| Diſtancia entre los paralelos de RT | 12142.961 |

de TU

| | |
|---|---|
| Radio | 90° 00 00 |
| Seno 2. de la declinaciòn | 00 16 04½ |
| Diſtancia horizontàl TU | 13141.311 toeſas |
| Diſtancia entre los paralelos de TU | 13141.167 |

de UY

| | |
|---|---|
| Radio | 90° 00 00 |
| Seno 2. de la declinaciòn | 14 28 31 |
| Diſtancia horizontàl UY | 12931.589 toeſas |
| Diſtancia entre los paralelos de UY | 12521.083 |

de Y$\alpha$

| | |
|---|---|
| Radio | 90° 00 00 |
| Seno 2. de la inclinacion | 11 24 42 |
| Diſtancia horizontàl Y$\alpha$ | 13591.351 toeſas |
| Diſtancia entre los paralelos de Y$\alpha$ | 13322.659 |

de $\alpha\gamma$

| | |
|---|---|
| Radio | 90° 00 00 |
| Seno 2. de la inclinaciòn | 23 08 31 |
| Diſtancia horizontàl $\alpha\gamma$ | 12684.594 toeſas |
| Diſtancia entre los paralelos de $\alpha\gamma$ | 11663.917 |

de $\gamma\pi$

| | |
|---|---|
| Radio | 90° 00 00 |
| Seno 2. de la inclinaciòn | 19 54 04 |
| Diſtancia horizontàl $\gamma\pi$ | 7645.400 toeſas |
| Diſtancia entre los paralelos de $\gamma\pi$ | 7188.828 |

de $\pi\varepsilon$

| | |
|---|---|
| Radio | 90° 00′ 00″ |
| Seno 2. de la inclinaciòn | 09 39 46 |
| Diſtancia horizontàl $\pi\varepsilon$ | 9879.214 toeſas |
| Diſtancia entre los paralelos de $\pi\varepsilon$ | 9739.055 |

Eſtas diſtancias entre los paralelos es neceſſario notar, que ſon à la elevacion de la Señal mas baxa de las dos de quienes ſe dà la diſtancia; reſpeto que à eſta altura, ò nivèl ſe calcularon las diſtancias horizontàles.

## CAPITULO VII.

### *Reduccion de las diſtancias halladas entre los paralelos, al nivèl del Mar.*

COmo las Señales de la Série de triangulos tenìan varias elevaciones, las unas reſpecto de las otras, y las diſtancias entre los paralelos aſignadas, ſon à la altura de las Señales mas baxas; eſtas diſtancias eſtàn todas en diſtintos planos paralelos al Horizonte; y es preciſo reducirlas à un miſmo plano: y como el nivèl del Mar le hayan tomado todos los Authores por la ſuperficie de la Tierra, ſerà à eſte plano al que ſe deban reducir; pero para ello, es preciſo inquirir primero las elevaciones de las Señales ſobre la ſuperficie del Mar.

Para eſta operacion tuvimos ſiempre preſente, en toda la medida de triangulos, el ligar las Señales con el Mar, por medio de otros triangulos; mas no ſe pudo eſto conſeguir por lo diſtante que eſtaba aquèl, por lo montuoſo, y quebrado del Paìs, y por las muchas Nubes, que impedìan continuamente el verle. Sin embargo de no haver conſeguido eſte deſignio, el Barometro diſcurro dà la determina-

nacion mas juſta de lo que ſe neceſsita para ſemejante operacion, pueſto que 100 toeſas de diferencia en la altura de las Señales no cauſa yerro ſenſible en el calculo.

En el Libro V. de las experiencias del Barometro[a] dimos la altura de la Ciudad de *Cuenca* ſobre la ſuperficie del Mar; à la qual ſe le añaden las varias alturas de las demàs Señales las unas reſpeto de las otras, ſe conſeguirà el calculo deſeado. [a] pag. 130

Para calcular las varias elevaciones, ò alturas de unas Señales ſobre las otras, ſean [b]. Fig. 6 Lam. 7

A[b] una Señal
B otra
T el centro de la Tierra

Tireſe AE de ſuerte, que el triangulo ATE ſea Yſoſceles; y la altura de la Señal B ſobre la A ſerà EB; la qual ſe hallarà con eſta analogìa.

$AEB = 90^\circ + \frac{ETA}{2}$[c], es à $BAE =$ à el angulo de altura $BAC + \frac{ETA}{2}$; como $AB =$ à la diſtancia de una Señal à otra, à EB altura deſeada. Eſto ſupueſto el calculo es como ſe ſigue.

De la altura de ♆[d] ſobre ω. [d] Fig. 10 Lam. 4

| | |
|---|---|
| $90^\circ + \frac{ETA}{2}$ | $90^\circ\ 10'\ 47''$ |
| es al angulo de altura $+ \frac{ETA}{2}$ | $02\ 11\ 52\frac{1}{2}$ |
| como la diſtancia ♆ω | 20721.275 toeſas |
| à la altura de ♆ ſobre ω | 794.7 |

de

[c]. Es tambien el primer termino de las analogìas de la reduccion de los lados à horizontales Cap. IV. pagina 174

de Ψ ſobre ζ

| | |
|---|---|
| $90^\circ + \frac{ETA}{2}$ | 90° 12′ 03″ |
| Angulo de altura $+ \frac{ETA}{2}$ | 00 33 42 |
| Diſtancia Ψζ | 23132.220 toeſas |
| Altura de Ψ ſobre ζ | 226.8 |

de ζ ſobre E

| | |
|---|---|
| $90^\circ + \frac{ETA}{2}$ | 90° 04′ 32″ |
| Angulo de altura $+ \frac{ETA}{2}$ | 01 51 23 |
| Diſtancia ζE | 8703.393 toeſas |
| Altura de ζ ſobre E | 281.9 |

de G ſobre E

| | |
|---|---|
| $90^\circ + \frac{ETA}{2}$ | 90° 11 56½ |
| Angulo de altura $+ \frac{ETA}{2}$ | 01 46 12 |
| Diſtancia EG | 21965.864 toeſas |
| Altura de G ſobre E | 678.5 |

de G ſobre K

| | |
|---|---|
| $90^\circ + \frac{ETA}{2}$ | 90° 09 59½ |
| Angulo de altura $+ \frac{ETA}{2}$ | 01 15 08½ |
| Diſtancia GK | 19179.609 toeſas |
| Altura de G ſobre K | 419.2 |

de

| | |
|---|---|
| de N ſobre K | |
| $90^\circ + \frac{ETA}{2}$ | 90° 08′ 44″ |
| Angulo de altura $+ \frac{ETA}{2}$ | 00 32 37½ |
| Diſtancia KN | 16767.152 toeſas |
| Altura de N ſobre K | 159.1 |
| de N ſobre P | |
| $90^\circ + \frac{ETA}{2}$ | 90° 06′ 53″ |
| Angulo de altura $+ \frac{ETA}{2}$ | 00 33 30 |
| Diſtancia NP | 13218.061 toeſas |
| Altura de N ſobre P | 128.8 |
| de R ſobre P | |
| $90^\circ + \frac{ETA}{2}$ | 90° 03 31¾ |
| Angulo de altura $+ \frac{ETA}{2}$ | 03 33 06¾ |
| Diſtancia PR | 6775.772 toeſas |
| Altura de R ſobre P | 419.8 |
| de R ſobre T | |
| $90^\circ + \frac{FTA}{2}$ | 90° 08 36½ |
| Angulo de altura $+ \frac{ETA}{2}$ | 00 30 49½ |
| Diſtancia RT | 16524.693 toeſas |
| Altura de R ſobre T | 148.2 |

de

de U ſobre T

| | |
|---|---|
| $90^\circ + \frac{ETA}{2}$ | 90° 06′ 50½″ |
| Angulo de altura $+ \frac{ETA}{2}$ | 00 36 10 |
| Diſtancia TU | 13142.313 toeſas |
| Altura de U ſobre T | 138.2 |

de U ſobre Y

| | |
|---|---|
| $90^\circ + \frac{ETA}{2}$ | 90° 06 44½ |
| Angulo de altura $+ \frac{ETA}{2}$ | 01 13 57¾ |
| Diſtancia UY | 12935.128 toeſas |
| Altura de U ſobre Y | 278.2 |

de α ſobre Y

| | |
|---|---|
| $90^\circ + \frac{ETA}{2}$ | 90° 07 05 |
| Angulo de altura + | 01 35 43 |
| Diſtancia Y α | 13597.398 toeſas |
| Altura de α ſobre Y | 378.5 |

de α ſobre γ

| | |
|---|---|
| $90^\circ + \frac{ETA}{2}$ | 90° 06 36½ |
| Angulo de altura + | 01 36 53 |
| Diſtancia αγ | 12690. 320 toeſas |
| Altura de α ſobre γ | 357.6 |

de

de $\gamma$ ſobre $\pi$

| | |
|---|---|
| $90^\circ + \frac{ETA}{2}$ | $90^\circ\ 03'\ 59''$ |
| Angulo de altura $+ \frac{ETA}{2}$ | $01\ 10\ 52\frac{3}{4}$ |
| Diſtancia $\gamma\pi$ | 7647.190 toeſas |
| Altura de $\gamma$ ſobre $\pi$ | 157.7 |

de $\pi$ ſobre $\varepsilon$

| | |
|---|---|
| $90^\circ + \frac{ETA}{2}$ | $90^\circ\ 05\ 09$ |
| Angulo de altura $+ \frac{ETA}{2}$ | $02\ 50\ 18\frac{1}{2}$ |
| Diſtencia $\pi\varepsilon$ | 9892.084 toeſas |
| Altura de $\pi$ ſobre $\varepsilon$ | 489.8 |

La altura de la Ciudad de *Cuenca* ſobre la ſuperficie del Mar, ſegun el Libro V [a], es de 1402 toeſas; à la que agregando la altura de la Torre de la Igleſia mayor, que es la que ſervìa de Señal, ſe tendrà la altura de $\varepsilon$ ſobre la ſuperficie del Mar de 1414. Si à eſta ſe añade la altura de $\pi$ ſobre $\varepsilon$ 489. 8 ſe tendrà la de $\pi$ de 1903. 8: con cuyo orden continuando ſe ha conſtruìdo la tabla, que ſe ſigue.

[a] pag. 130

## Tabla de las alturas de las Señales occidentales de la Série de triangulos ſobre la ſuperficie del Mar.

| | |
|---|---|
| Altura de *Mira* ($\omega$) | 1333. 6 toeſas |
| *Cuicòcha* ($\Psi$) | 2128. 3 |
| *Campanàrio* ($\zeta$) | 1901. 1 |
| *Guàpulo* (E) | 1619. 6 |

| | | |
|---|---|---|
| Altura de *el Corazòn* (G) | | 2298. 1 toesas |
| | *Milìn* (K) | 1878. 9 |
| | *Chulàpu* (N) | 2038. 0 |
| | *Chichichòco* (P) | 1909. 2 |
| | *Guayàma* (R) | 2329. 0 |
| | *Sisa-Pòngo* (T) | 2180. 8 |
| | *Lanlangùso* (U) | 2319. 0 |
| | *Chusaì* (Y) | 2040. 6 |
| | *Sinasaguàn* ($\alpha$) | 2419. 1 |
| | *Bueràn* ($\gamma$) | 2061. 5 |
| | *Surampàlte* ($\pi$) | 1903. 8 |
| | *La Torre de Cuenca* ($\varepsilon$) | 1414. 0 |

Con esta tabla, para reducir las distancias entre los paralelos de las Señales al nivèl del Mar, sean,

[a] Fig. 9. Lam. 6.

EA [a] la distancia, que se ha de reducir
T el centro de la Tierra
BC el nivèl del Mar.

y tirando las dos lineas ET, AT; BC serà la distancia reducida; la que se conocerà con esta analogìa.

TE, el Radio de la Tierra mas la altura BE, es à
EA distancia propuesta : como
BE altura sobre el nivèl del Mar, à
EA—BC.

cuyo ultimo termino si se substràe de la distancia propuesta, se tendrà la verdadera, ò reducida; y despues del calculo hecho se tendràn las reducciones siguientes.

| | |
|---|---|
| Distancia entre los paralelos de $\omega\Psi$ | 12115.006 toesas |
| menos lo que la Casa, que sirviò de Señal en *Mira* estaba al Norte del Observatorio, del qual nos sirviò una Hacienda cercana de *Pueblo viejo* | 170.62 |

re-

| | |
|---|---|
| refiduo | 11944.386 toefas |
| Subftraccion por $1333\frac{1}{2}$ toefas de altura de ω fobre el Mar | 4.843 |
| Diftancia entre los paral. de ω♆ reducida | 11939.543 |
| | |
| Entre los paralelos de ♆ζ | 21323.709 |
| Subft. por $1901\frac{1}{2}$ toefas de altura de ζ | 12.348 |
| Diftancia reducida | 21311.361 |
| | |
| Entre los paralelos de ζE | 8650.321 |
| Subft. por $1619\frac{1}{2}$ toefas de altura de E | 4.265 |
| Diftancia reducida | 8646.056 |
| | |
| Entre los paralelos de EG | 19272.536 |
| Subft. por $1619\frac{1}{2}$ toefas de altura de E | 9.503 |
| Diftancia reducida | 19263.033 |
| | |
| Entre los paralelos de GK | 18854.333 |
| Subft. por 1879 toefas de altura de K | 10.790 |
| Diftancia reducida | 18843.543 |
| | |
| Entre los paralelos de KN | 16373.266 |
| Subft. por 1879 toefas de altura de K | 9.357 |
| Diftancia reducida | 16363.909 |
| | |
| Entre los paralelos de NP | 13127.474 |
| Subft. por 1909 toefas de altura de P | 7.631 |
| Diftancia reducida | 13119.843 |
| Entre los paralelos de PR | 6455.956 |
| Subft. por 1909 toefas de altura de P | 3.753 |
| Diftancia reducida | 6452.203 |

| | |
|---|---|
| Entre los paralelos de RT | 12142.961 toeſas |
| Subſt. por 2181 toeſas de altura de T | 8.060 |
| Diſtancia reducida | 12134.901 |
| | |
| Entre los paralelos de TU | 13141.167 |
| Subſt. por 2181 toeſas de altura de T | 8.716 |
| Diſtancia reducida | 13132.451 |
| | |
| Entre los paralelos de UY | 12521.083 |
| Subſt. por 2041 toeſas de altura de Y | 7.800 |
| Diſtancia reducida | 12513.283 |
| | |
| Entre los paralelos de Yα | 13322.659 |
| Subſt. por 2041 toeſas de altura de Y | 8.290 |
| Diſtancia reducida | 13314.369 |
| | |
| Entre los paralelos de αγ | 11663.917 |
| Subſt. por 2061 toeſas de altura de γ | 7.330. |
| Diſtancia reducida | 11656.587 |
| | |
| Entre los paralelos de γπ | 7188.828 |
| Subſt. por 1903 toeſas de altura de π | 4.172 |
| Diſtancia reducida | 7184.656 |
| | |
| Entre los paralelos de πε | 9739.055 |
| Mas lo que el Obſervatorio eſtaba mas al Sur que la Torre de la Igleſia, que ſirviò de Señal | 114.845 |
| Suma | 9853.900 |
| Subſt. por 1414 toeſas de altura de ε | 4.205 |
| Diſtancia reducida | 9849.695. |

De

De este calculo se deduce la tabla, que se sigue.

# Tabla de las distancias entre los paralelos de las Señales Occidentàles de la Série de triangulos reducidas al Nivèl del Mar.

| | | |
|---|---|---|
| Entre los de *Pueblo viejo*, y *Cuicòcha* (Ψ) | 11939.543 | toesas |
| *Cuicòcha* (Ψ) y *Campanàrio* (ζ) | 21311.361 | |
| *Campanàrio* (ζ) y *Guàpulo* (E) | 8646.056 | |
| *Guàpulo* (E) y *el Corazòn* (G) | 19263.033 | |
| *el Corazòn* (G) y *Milìn* (K) | 18843.543 | |
| *Milìn* (K) y *Chulàpu* (N) | 16363.909 | |
| *Chulàpu* (N) y *Chichichòco* (P) | 13119.843 | |
| *Chichichòco* (P) y *Guayàma* (R) | 6452.203 | |
| *Guayàma* (R) y *Sisa-Pòngo* (T) | 12134.901 | |
| *Sisa-Pòngo* (T) y *Lanlang.* (U) | 13132.451 | |
| *Lanlangùso* (U) y *Chusaì* (Y) | 12513.288 | |
| *Chusaì* (Y) y *Sinasaguàn* (α) | 13314.369 | |
| *Sinasaguàn* (α) y *Bueràn* (γ) | 11656.587 | |
| *Bueràn* (γ) y *Surampàlte* (π) | 7184.656 | |
| *Suramp.* (π) y el Obser. de *Cuenca* | 9849.659 | |
| Suma | 195725.397 | |

Esta suma es la distancia entre los paralelos de los dos Observatorios de *Pueblo viejo*, y *Cuenca*; ò la longitud del arco de Meridiano terrestre comprehendido entre dichos Observatorios.

SEC-

# SECCION II.

## Determinacion de la medida geométrica ſegun las Obſervaciones de *D. Antonio de Ulloa.*

### CAPITULO I.

*Medida de la Baſe fundamental del Llano de* Yaruquì.

TOdo genero de medidas no tienen por lo ordinario otra comprobacion, que tomarlas repetidas veces, yà ſea con el miſmo methodo, yà con diſtinto; pero ſiempre que ſe pudieſſe obrar de eſta ultima ſuerte, queda mayor ſatisfaccion, à cauſa de la ſeguridad, que ſe tiene, de no haver provenido el yerro ( ſi lo huviere ) del methodo de practicar la Operacion.

Por eſte motivo, aunque en la primera Seccion ſe diò la medida del arco de Meridiano comprehendido entre los paralelos de *Cuenca*, y *Pueblo viejo*, neceſsitamos dàr en eſta la comprobacion de ella, por la que hizo *Don Antonio de Ulloa* con diſtinta Série de triangulos, en compañia de *M.M. Bouguer*, y *la Condamine*.

La Baſe fundamental con que dieron principio à la medida, fuè la miſma que la nueſtra, la qual, como dixe en la Seccion antecedente, empezaron à medir por el extremo de *Carabúru*; practicando en ſus operaciones las miſmas precauciones, y diligencias de que nos valímos *M. Godin*, y yo. Uſaron deſde ſu principio, para el manejo de las tres perchas, que tenìan hermanas de las nueſtras, de los

los miſmos Cavalletes, que deſcribe *M. Caſsini* en ſu *medida de la Tierra* pag. 100; pero à corto tiempo los encontraron con el propio defecto, que noſotros; ſu poca ſolidèz, y mala diſpoſicion para manejarlos, les preciſò à abandonarlos inmediatamente, y à medir con las perchas por el ſuelo, de la miſma ſuerte que noſotros lo hicimos ſobre los Cavalletes de Pintor: y ſolo ſe diferenciaron en el methodo de conducir la medida en la direccion de la Baſe, porque en lugar de valerſe del aplomo de que noſotros nos ſervimos, elevaron dos Cabrias, de cuyas ligaduras G, [a] C pendian dos aplomos GM, CD, cayendo el primero directamente ſobre el piquete E, de donde ſe empezaba la medida; y poniendoſe un Obſervador con ſu anteojo detràs del aplomo GM, hacìa que enfilaſſen los dos aplomos de las Cabrias, con la Señal mas inmediata de las que ſe havìan colocado ſobre la Baſe: con lo qual, y tendiendo una cuerda deſde el piquete E al F, que ſe ponìa debaxo del aplomo CD, quedaba èſta dirigida, y exactamente ſobre la Baſe; ſirviendoles para guiar inmediatamente à ella las perchas; y para que èſtas, ù otro qualquier accidente no pudieſſen doblar la cuerda, tuvieron la precaucion de clavar las varas largas H, que la mantenìan recta.

[a] Fig. 11 Lam. 7

Como el terreno no era horizontàl, ni tampoco exactamente unido, no podìan llevar de continuo ſus perchas ſobre èl; y para allanar eſte inconveniente, ſe valieron de Cuñas, y piquetes, con las quales elevaban las perchas lo neceſſario, y echaban los aplomos, que ſe ofrecian, como ſe vè en la figura 12.

Examinaban diariamente la longitud de ſus perchas, por medio de una de ellas, que la havian hallado mas conſtante; tenian cuidado de guarecerlas lo mas que ſe podìa

dìa de todo genero de humedad, y calor; y algunas veces con la toesa de hierro, de que nos serviamos nosotros.

Midieron igualmente la pequeña Quebrada por geometrìa con Plancheta, y tambien con el Quarto de circulo; y tomadas todas las precauciones posibles: esto es, corregidas las perchas, de lo que se alargaban, ò acortaban diariamente, y añadiendo lo ancho de la Quebrada, hallaron la Base de 6272 toesas, 4 pies, 5 pulgadas en linea horizontàl, que no difiere de nuestra determinacion, como se dixo en la Seccion antecedente[a], sino es en dos pulgadas, y 10 lineas: por lo qual se assentò de 6272 toesas, 4 pies $3\frac{1}{2}$ pulgadas.

[a] pag. 150

Por esta distancia horizontàl calcùla *D. Antonio de Ulloa*, de la misma suerte que yo lo hice, las que hay en linea recta desde el extremo de *Curabùru*(B)[b] à el de *Oyambàro*(A): pero haviendo tomado de algunos segundos mas, ò menos los angulos de altura, y depression observados en dichos dos Lugares, concluyò esta distancia de 6274 toesas, oo pies, $1\frac{1}{2}$ pulgadas; 7 lineas menor, que la que yo determinè por mi calculo.

[b] Fig. 10 Lam. 4

Ademàs de esto pone por anotacion, que *M. Bouguer* haviendo hecho semejante calculo, hallò la propia distancia de 6274 toesas, 9 pulgadas; por cuyo motivo, y para dexarla en un numero redondo, acortò la Base de las 9 pulgadas, que hallò de exceso sobre las 6274 toesas: pero advierte tambien, que en este calculo parece que sepadeciò alguna equivocacion, porque el suyo concuerda con toda la precision, que se puede desear, con el de *M. Godin*, y mio.

No alexandose pues su determinacion de las 6274 toesas justas, toma la Base de esta longitud, y levanta la Série de triangulos, como se sigue.

CA-

## CAPITULO II.

*Sobre los angulos de la Série de triangulos; que formò, y calculó de ſus lados.*

YA ſe dixo en el Capitulo tercero de la Seccion primera, como para la ſeguridad de las Obſervaciones de los angulos, ſe diſpuſo dividir la Compañìa en dos; y que cada una de èſtas obſervaba dos angulos de cada triangulo, ſiendole comunicado el tercero por la otra, cuya orden ſe premeditò deſde el principio guardar, conſervando ambas la miſma Série de triangulos.

Sin embargo no ſe obſervò tan puntualmente eſta providencia, porque el terreno era tan eſcabroſo, quebrado, y montuoſo, que nos coſtaba en ocaſiones mucha fatiga, y pèrdida de tiempo la concluſion de obſervaciones de una ſola Señal; pues en la que ſe puſo en lo mas elevado del Cerro *Pichìncha*, ſe mantuvieron *M. M. Bouguer*, *la Condamine*, *y Don Antonio de Ulloa* 23 dias, ſin que pudieſſen tomar los angulos neceſſarios, yà porque paſſaban muchos revueltos con las nubes, yà porque las demàs Sañales, que neceſsitaban vèr, lo eſtaban tambien; trabajo que padecímos en caſi toda la medida de la Meridiana. Eſtos motivos nos obligaron à abandonar la Señal de la cumbre de *Pichìncha*, y puſimos en ſu lugar *M. Godin*, y yo otra en el alto de *Guàpulo* (E)[a]; y al miſmo tiempo *M. Bouguer* puſo la equivalente à media cueſta del Cerro *Pichìncha* (*b*). Con eſto yà tuvimos las dos Compañìas diſtinta Série de triangulos, que no volvìmos à unir, haſta que el terreno nos lo permitiò, que fuè al noveno triangulo. Sin embargo ſiem-

[a] Fig. 10 Lam. 4

pre ſe obſervaron los tres angulos de ellos, para mayor ſeguridad.

A nueſtro arribo à *Cuenca*, *M. Godin*, y yo determinamos medir ſegunda Baſe en las inmediaciones de aquella Ciudad, para rectificar nueſtras operaciones; pero la otra Campañia proſiguiò la Série de triangulos haſta llegar à *Tàrqui*; lo qual tambien hizo alterar la ſuya de la mia. Eſta diferencia ſe vè mas claramente en la figura, donde los triangulos hechos de lineas enteras, repreſentan la Série mia, y los hechos de lineas entre cortadas los de *Don Antonio de Ulloa*; cuyas Obſervaciones de angulos ſon las ſiguientes.

| 1. Triang. | Angulos obſervados. | Angulos corregidos. |
|---|---|---|
| *Oyambàro* (A) | 63° 48′ 10″ | 63° 48 14″ |
| *Caraburu* (B) | 77 35 33 | 77 35 38 |
| *Pambamàrca* (C) | 38 36 04 | 38 36 08 |
| Suma | 179 59 47 | 180 00 00 |
| **2.** | | |
| *Oyambàro* (A) | 74 11 15 | 74 10 57 |
| *Pambamàrca* (C) | 69 46 56 | 69 46 38 |
| *Tanlàgua* (D) | 36 02 42 | 36 02 25 |
| | 180 00 53 | 180 00 00 |
| **3.** | | |
| *Tanlàgua* (D) | 89 14 00 | 89 14 04 |
| *Pichìncha* (*b*) | 52 09 20 | 52 09 24 |
| *Pambamàrca* (C) | 38 36 28 | 38 36 32 |
| | 179 59 48 | 180 00 00 |

*Pi-*

| | Angulos obser-vados. | | | Angulos corre-gidos. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **4.** | | | | | | |
| *Pichincha* (*b*) | 61° | 06′ | 31″ | 61° | 06′ | 30″ |
| *Shangallì* (*d*) | 79 | 06 | 35 | 79 | 06 | 33 |
| *Pambamàrca* (C) | 39 | 46 | 58 | 39 | 46 | 57 |
| Suma | 180 | 00 | 04 | 180 | 00 | 00 |
| **5.** | | | | | | |
| *Pichincha* (*b*) | 58 | 26 | 20 | 58 | 26 | 18 |
| *Shangallì* (*d*) | 82 | 57 | 40 | 82 | 57 | 38 |
| *el Corazòn* (G) | 38 | 36 | 06 | 38 | 36 | 04 |
| | 180 | 00 | 06 | 180 | 00 | 00 |
| **6.** | | | | | | |
| *Shangallì* (*d*) | 41 | 14 | 36 | 41 | 14 | 45 |
| *el Corazòn* (G) | 74 | 08 | 09 | 74 | 08 | 18 |
| *Pucaguaìcu* (*e*) | 64 | 36 | 48 | 64 | 36 | 57 |
| | 179 | 59 | 33 | 180 | 00 | 00 |
| **7.** | | | | | | |
| *el Corazòn* (G) | 62 | 56 | 20 | 62 | 56 | 13 |
| *Pucaguaìcu* (*e*) | 75 | 17 | 35 | 75 | 17 | 45 |
| *Milìn* (K) | 41 | 45 | 54 | 41 | 46 | 02 |
| | 179 | 59 | 49 | 180 | 00 | 00 |
| **8.** | | | | | | |
| *Corazòn* (G) | 41 | 37 | 11 | 41 | 37 | 04 |
| *Milìn* (K) | 44 | 16 | 02 | 44 | 16 | 15 |
| *Papaùrcu* (L) | 94 | 06 | 23 | 94 | 06 | 41 |
| | 179 | 59 | 36 | 180 | 00 | 00 |

| 9. | Angulos observados. | Angulos corregidos. |
|---|---|---|
| *Milìn* (K) | 60° 31′ 24″ | 60° 31′ 36″ |
| *Papaùrcu* (L) | 60 31 24 | 60 31 36 |
| *Vengotàſin* (M) | 58 56 37 | 58 56 48 |
| Suma | 179 59 25 | 180 00 00 |

| 10. | | |
|---|---|---|
| *Milìn* (K) | 52 18 38 | 52 18 35 |
| *Chulàpu* (N) | 49 18 01 | 49 17 58 |
| *Vengotàſin* (M) | 78 23 31 | 78 23 27 |
| | 180 00 10 | 180 00 00 |

| 11. | | |
|---|---|---|
| *Vengotàſin* (M) | 34 47 55 | 34 47 55 |
| *Chulàpu* (N) | 73 54 24 | 73 54 24 |
| *Jivicàtſu* (O) | 71 17 41 | 71 17 41 |
| | 180 00 00 | 180 00 00 |

| 12. | | |
|---|---|---|
| *Chulàpu* (N) | 75 56 22 | 75 56 22 |
| *Jivicàtſu* (O) | 68 53 22 | 68 53 22 |
| *Chichichòco* (P) | 35 10 16 | 35 10 16 |
| | 180 00 00 | 180 00 00 |

| 13. | | |
|---|---|---|
| *Jivicàtſu* (O) | 34 29 20 | 34 29 05 |
| *Mulmùl* (Q) | 73 24 51 | 73 24 35 |
| *Chichichòco* (P) | 72 06 35 | 72 06 20 |
| | 180 00 46 | 180 00 00 |

*Chi-*

| 14. | Angulos obſervados. | | | Angulos corregidos. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Chichichòco* (P) | 48° | 51′ | 40″ | 48° | 51′ | 41″ |
| *Mulmùl* (Q) | 54 | 19 | 09 | 54 | 19 | 11 |
| *Guayàma* (R) | 76 | 49 | 06 | 76 | 49 | 08 |
| Suma | 179 | 59 | 55 | 180 | 00 | 00 |

| 15. | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Mulmùl* (Q) | 60 | 49 | 25 | 60 | 49 | 30 |
| *Guayàma* (R) | 91 | 22 | 20 | 91 | 22 | 26 |
| *Ilmàl* (S) | 27 | 47 | 59 | 27 | 48 | 04 |
| | 179 | 59 | 44 | 180 | 00 | 00 |

Por parecer el angulo en *Ilmàl* pequeño, ſe ſirviò de la miſma ſuerte que yo de los triangulos puntuados auxiliares, que ſe vèn en la figura, para confirmar el lado RS: pero le concluyò de la miſma longitud, por el un camino, que por el otro: y aſsi no ſerà neceſſario interrumpir la Série de arriba.

| 16. | Angulos obſervados. | | | Angulos corregidos. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Guayàma* (R) | 71° | 35′ | 56″ | 71° | 35′ | 57″ |
| *Siſa-Pòngo* (T) | 41 | 03 | 25 | 41 | 03 | 26 |
| *Ilmàl* (S) | 67 | 20 | 36 | 67 | 20 | 37 |
| | 179 | 59 | 57 | 180 | 00 | 00 |

| 17. | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Siſa-Pòngo* (T) | 48 | 31 | 53 | 48 | 31 | 50 |
| *Sèſgum* (V) | 67 | 48 | 24 | 67 | 48 | 21 |
| *Ilmàl* (S) | 63 | 39 | 52 | 63 | 39 | 49 |
| | 180 | 00 | 09 | 180 | 00 | 00 |

*Siſa-*

| 18. | Angulos observados. | Angulos corregidos. |
|---|---|---|
| *Sisa-Pòngo* (T) | 47° 28′ 26″ | 47° 28′ 29″ |
| *Sèsgum* (V) | 52 01 12 | 52 01 15 |
| *Lanlangúso* (U) | 80 30 13 | 80 30 16 |
| | 179 59 51 | 180 00 00 |

| 19. | | |
|---|---|---|
| *Sèsgum* (V) | 71 00 58 | 71 00 58 |
| *Lanlangùso* (U) | 47 46 33 | 47 46 32 |
| *Senegualàp* (X) | 61 12 30 | 61 12 30 |
| | 180 00 01 | 180 00 00 |

| 20. | | |
|---|---|---|
| *Lanlangùso* (U) | 66 28 40 | 66 28 39 |
| *Senegualàp* (X) | 55 40 52 | 55 40 51 |
| *Chusaì* (Y) | 57 50 33 | 57 50 30 |
| | 180 00 05 | 180 00 00 |

| 21. | | |
|---|---|---|
| *Senegualàp* (X) | 78 06 00 | 78 05 56 |
| *Chusaì* (Y) | 45 21 40 | 45 21 35 |
| *Tiolòma* (Z) | 56 32 34 | 56 32 29 |
| | 180 00 14 | 180 00 00 |

| 22. | | |
|---|---|---|
| *Chusaì* (Y) | 50 53 07 | 50 53 00 |
| *Tiolòma* (Z) | 51 55 34 | 51 55 27 |
| *Sinasaguàn* ($\alpha$) | 77 11 40 | 77 11 33 |
| | 180 00 21 | 180 00 00 |

*Tio-*

| | Angulos observados. | | | Angulos corregidos. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **23.** | | | | | | |
| *Tiolòma* (Z) | 56° | 59′ | 53″ | 56° | 59′ | 53″ |
| *Sinaſaguàn* (α) | 50 | 38 | 07 | 50 | 38 | 45 |
| *Quinoalòma* (β) | 72 | 21 | 22 | 72 | 21 | 22 |
| | 179 | 59 | 22 | 180 | 00 | 00 |
| **24.** | | | | | | |
| *Sinaſaguàn* (α) | 86 | 39 | 19 | 86 | 39 | 20 |
| *Quinoalòma* (β) | 48 | 53 | 35 | 48 | 53 | 36 |
| *Bueràn* (γ) | 44 | 27 | 03 | 44 | 27 | 04 |
| | 179 | 59 | 57 | 180 | 00 | 00 |
| **25.** | | | | | | |
| *Quinoalòma* (β) | 47 | 25 | 01½ | 47 | 24 | 49 |
| *Bueràn* (γ) | 47 | 12 | 00 | 47 | 11 | 48 |
| *Yaſuaì* (δ) | 85 | 23 | 35 | 85 | 23 | 23 |
| | 180 | 00 | 36½ | 180 | 00 | 00 |
| **26.** | | | | | | |
| *Bueràn* (γ) | 85 | 07 | 16 | 85 | 07 | 13 |
| *Yaſuaì* (δ) | 32 | 55 | 36 | 32 | 55 | 33 |
| *Surampàlte* (π) | 61 | 57 | 17 | 61 | 57 | 14 |
| | 180 | 00 | 09 | 180 | 00 | 00 |
| **27.** | | | | | | |
| *Yaſuì* (δ) | Eſte angulo ſe concluyò | | | 33 | 40 | 21 |
| *Surampàlte* (π) | 87 | 14 | 17 | 87 | 14 | 17 |
| *Guanacàuri* (θ) | 59 | 05 | 22 | 59 | 05 | 22 |
| | | | | 180 | 00 | 00 |

*Su-*

| 28. | Angulos observados. | Angulos corregidos. |
| --- | --- | --- |
| *Surampàlte* (π) | 20° 33′ 14″ | 20° 33′ 16″ |
| la *Torre de Cuenca* (ε) | 66 06 33½ | 66 06 35 |
| *Guanacàuri* (θ) | 93 20 07 | 93 20 09 |
| | 179 59 54½ | 180 00 00 |

Ademàs de los triangulos antecedentes, prosiguiò la Série con las Señales *f*, *h*, *g*, *m*, *n*, *p*, hasta obtener la distancia *n p*, que es nueva Base, que midiò en el llano de *Tàrqui*, juntamente con *M.M. Bouguer*, y *la Condamine*, con el mismo methodo que la de *Yaruquì*, para comprobar por ella las Observaciones de los triangulos. Este llano es muy unido, hermoso, y propio para semejante operacion. Segun la Série de triangulos hallò en èl *Don Antonio de Ulloa* la distancia *n p* de 5259 toesas, 3 pies, 10 pulgadas, 8½ lineas; y por la medida geométrica de 5259 toesas, 5 pies, 1 pulg. 8½ lineas, mayor que la antecedente de 1 piè, 3 pulgadas.

Para hacer atencion à que el temperamento de *Tàrqui* es mas frio, que el de la Base de *Yaruquì*; y à la correccion que de ello se debe deducir, era preciso tener Observaciones del Thermometro hechas en aquel territorio; pero como carecieron de este Instrumento en la ultima medida, no podrémos concluir la diferencia, que el frio de *Tàrqui* pudo ocasionar à la *Toesa* de hierro; sin embargo se puede discurrir, que èsta no sea de mucho momento.

La continuacion de triangulos por la parte del Septentrion, que yo hice para prolongar la Meridiana, hasta que comprehendiesse tres grados, como se viò en el Capit. 3. Seccion 1, fuè en compañia de *Don Antonio de Ulloa*; y asi estos

estos triangulos son para ambos los mismos; solo sì, como èste hizo el juicio prudente, para corregirlos, de distinta forma, los angulos correctos variaron, y son como se siguen.

| 29. | Angulos observados. | | | Angulos corregidos. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Tanlàgua* (D) | 65° | 39′ | 37″ | 65° | 39′ | 42″ |
| *Guàpulo* (E) | 67 | 17 | 33½ | 67 | 17 | 33½ |
| *Pambamàrca* (C) | 47 | 02 | 38 | 47 | 02 | 44½ |
| | 179 | 59 | 48½ | 180 | 00 | 00 |

| 30. | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Guàpulo* (E) | 72 | 53 | 15½ | 72 | 54 | 09 |
| *Pambamàrca* (C) | 32 | 01 | 15 | 32 | 02 | 10 |
| *Campanàrio* (ζ) | 75 | 02 | 20 | 75 | 03 | 41 |
| | 179 | 56 | 50½ | 180 | 00 | 00 |

| 31. | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Pambamàrca* (C) | 96 | 21 | 10 | 96 | 21 | 15 |
| *Campanàrio* (ζ) | 38 | 07 | 36 | 38 | 07 | 35 |
| *Cosìn* (φ) | 45 | 31 | 08½ | 45 | 31 | 10 |
| | 179 | 59 | 54½ | 180 | 00 | 00 |

| 32. | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Campanàrio* (ζ) | 38 | 02 | 27 | 38 | 02 | 09 |
| *Cosìn* (φ) | 75 | 42 | 01½ | 75 | 42 | 02 |
| *Cuicòcha* (ψ) | 66 | 15 | 49 | 66 | 15 | 49 |
| | 180 | 00 | 17½ | 180 | 00 | 00 |

| 33. | Angulos observados. | Angulos corregidos. |
|---|---|---|
| *Cosìn* (Φ) | 59° 48′ 00″ | 59° 48′ 04″ |
| *Cuicòcha* (Ψ) | 82 20 59 | 82 21 03 |
| *Mira* (ω) | 37 50 49 | 37 50 53 |
| | 179 59 48 | 180 00 00 |

Por eſtos triangulos, y la Baſe de *Yaruquì*, que tomò *Don Antonio de Ulloa* de 6274 toeſas, calculò èſte los lados de la Série de triangulos en la forma ſiguiente.

## Tabla de la magnitud de los lados de la Série de triangulos.

| | | |
|---|---|---|
| De *Carabúru* (B) à | *Oyambàro* (A) | 6274 toeſas |
| *Oyambàro* (A) à | *Pambamàrca* (C) | 9821. 129 |
| | *Tanlàgua* (D) | 15663. 550 |
| *Pambamàrca*(C) à | *Tanlàgua* (D) | 16060. 483 |
| *Pichìncha* (*b*) à | *Tanlàgua* (D) | 12690. 723 |
| | *Pambamàrca* | 20335. 855 |
| *Pambamàrca*(C) à | *Shangallì* (*d*) | 18131. 313 |
| *Pichìncha* (*b*) à | *Shangallì* (*d*) | 13251. 719 |
| al | *Corazòn* (G) | 21079. 145 |
| *Shangallì* (*d*) al | *Corazòn* (G) | 18079. 508 |
| à | *Pucaguaìcu* (*e*) | 19268. 561 |
| *Pucaguaìcu* (*e*) al | *Corazòn* (G) | 13206. 571 |
| *el Corazòn* (G) à | *Milìn* (K) | 19179. 832 |
| *Pucaguìacu* (*e*) à | *Milìn* (K) | 17655. 654 |
| *el Corazòn* (G) à | *Papaùrcu* (L) | 13423. 046 |
| *Papaùrcu* (L) à | *Milìn* (K) | 12771. 314$\frac{1}{2}$ |
| | *Vengotàſin* (M) | 12978. 489 |

*Mi-*

| | | |
|---|---|---|
| De *Milìn* (K) à | *Vengotàſin* (M) | 12978.489 toeſas |
| | *Chulàpu* (N) | 16768.923 |
| *Vengotàſin* (M) à | *Chulàpu* (N) | 13545.239$\frac{1}{2}$ |
| | *Jivicàtſu* (O) | 13740.167$\frac{1}{2}$ |
| *Chulàpu* (N) à | *Jivicàtſu* (O) | 8161.253$\frac{1}{2}$ |
| | *Chichichòco* (P) | 13217.468 |
| *Jivicàtſu* (O) à | *Chichichòco* (P) | 13743.857$\frac{1}{2}$ |
| | *Mulmùl* (Q) | 13647.100 |
| *Chichichòco* (P) à | *Mulmùl* (Q) | 8119.596 |
| | *Guayàma* (R) | 6773.883 |
| *Guayàma* (R) à | *Ilmàl* (S) | 11757.451 |
| *Mulmùl* (Q) à | *Ilmàl* (S) | 13461.919 |
| *Ilmàl* (S) à | *Siſa-Pòngo* (T) | 16985.480$\frac{1}{2}$ |
| | *Sèſgum* (V) | 13745.816 |
| *Siſa-Pòngo* (T) à | *Sèſgum* (V) | 16440.572 |
| | *Lanlangùſo* (U) | 13139.051 |
| *Sèſgum* (V) à | *Lanlangùſo* (U) | 12284.675 |
| | *Senegualàp* (X) | 10380.265 |
| *Lanlangùſo* (U) à | *Senegualàp* (X) | 13255.161$\frac{1}{2}$ |
| | *Chuſaì* (Y) | 12931.512 |
| *Senegualàp* (X) à | *Chuſaì* (Y) | 14356.227$\frac{1}{2}$ |
| | *Tiolòma* (Z) | 12244.369 |
| *Chuſaì* (Y) à | *Tiolòma* (Z) | 16838.601 |
| | *Sinaſaguàn* (α) | 13593.472 |
| *Tiolòma* (Z) à | *Sinaſaguàn* (α) | 13397.781$\frac{1}{2}$ |
| | *Quinoalòma* (β) | 10871.107$\frac{1}{2}$ |
| *Sinaſaguàn* (α) à | *Quinoalòma* (β) | 11790.729 |
| | *Bueràn* (γ) | 12686.213 |
| *Quinoalòma* (β) à | *Bueràn* (γ) | 16808.000 |
| | *Yaſuaì* (δ) | 12371.894$\frac{1}{2}$ |
| *Bueràn* (γ) à | *Yaſuaì* (δ) | 12415.177 |

| | | |
|---|---|---|
| De *Bueràn* (γ) à | *Surampàlte* (π) | 7646. 209 |
| *Yasuaì* (♌) à | *Surampàlte* (π) | 14016. 109½ |
| | *Guanacàuri* (θ) | 16317. 382 |
| *Surampàlte* (π) à | *Guanacàuri* (θ) | 9057. 614 |
| | à la *Torre de Cuenca* (ε) | 9889. 578½ |
| *Guanacàuri* (θ) | à la *Torre de Cuenca* (ε) | 3478. 097 |
| *Pambamarca* (C) à | *Guàpulo* (E) | 15862. 712 |
| | *Campanàrio* (ζ) | 15692. 018 |
| *Tanlàgua* (D) à | *Guàpulo* (E) | 12740. 616½ |
| *Guàpulo* (E) à | *Campanàrio* (ζ) | 8708. 765 |
| *Pambamàrca* (C) à | *Cosìn* (Φ) | 13578. 675 |
| *Campanàrio* (ζ) à | *Cosìn* (Φ) | 21858. 271 |
| | *Cuicòcha* (Ψ) | 23138. 404 |
| *Cosìn* (Φ) à | *Cuicòcha* (Ψ) | 14712. 651 |
| | *Mira* (ω) | 23765. 410 |
| *Cuicòcha* (Ψ) à | *Mira* (ω) | 20724. 490½ |

## CAPITULO III.

*Reduccion de los lados antecedentes à horizontáles; y conclusion de la altura de unas Señales sobre las otras.*

EN el Capitulo IV de la Seccion antecedente se explicò el methodo, con que se deben reducir los lados inclinados de los triangulos à horizontáles; y se diò la analogìa, que se debìa practicar. Y asimismo en el Capitulo VII, la que se debe usar para hallar la altura de unas Señales sobre las otras; y como *Don Antonio de Ulloa* se valiò de las mismas, podrémos dàr principio à este Capitulo, insertando los demàs fundamentos, de los quales deduxo la reduccion de los lados antecedentes à horizontàles, y las alturas de las unas Señales, sobre las otras; que se reducen

cen à los angulos de altura, y depreſsion de unas Señales reſpecto de otras, y el *angulo en el centro de la Tierra*, de quien tambien en el Capitulo IV de la Seccion antecedente ſe hablò, con los quales ſe hallan los tres angulos del triangulo ABE [a], neceſſarios para eſtas operaciones. Pero ſerà bueno advertir, que el *angulo en el centro de la Tierra* en eſte calculo, es diſtinto que en el mio; en donde le hallè, dividiendo la diſtancia en toeſas de una Señal à otra por 16, y tomando el quociente, por los ſegundos que valìa dicho angulo; en lugar de ſuponerſe en èſte, que la diferencia del angulo de altura, y depreſsion, ò la ſumma de dos depreſsiones, es el *angulo en el centro de la Tierra*; lo que fuera muy cierto, como ſe tiene demonſtrado, à no alterar las Obſervaciones la Refraccion; pero como èſta no ſe pudo jamàs obtener exactamente, y el omitirlas induce poco, ò ningun yerro en el calculo; *Don Antonio de Ulloa* toma eſte angulo como tengo dicho. Sus elementos pues ſon como ſe ſiguen.

[a] Fig. 6. Lam. 7.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ang. de altura en *Carabùru* obſervand. à *Oyamb.* | 1° | 06′ | 30″ |
| depreſ. en *Oyamb.* obſervando à *Carab.* | 1 | 11 | 35 |
| Diferencia *angulo en el centro de la Tierra* T | | 5 | 05 |
| E | 90 | 02 | 32½ |
| B | 88 | 48 | 25 |
| A | 1 | 09 | 02½ |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ang. de altura en *Carabùru* obſervando à *Pamb.* | 5 | 33 | 08½ |
| depreſ. en *Pambam.* obſervando à *Carab.* | 5 | 43 | 23 |
| *en el centro de la Tierra* T | | 10 | 14½ |
| E | 90 | 05 | 07¼ |
| B | 84 | 16 | 37 |
| A | 5 | 38 | 15¾ |

An-

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ang. de altura en *Oyamb.* obſervando à *Pamb.* | 4° | 20′ | 12″ |
| depreſ.en *Pamb.* obſervand. à *Oyamb.* | 4 | 30 | 27 |
| *en el centro de la Tierra* T | | 10 | 15 |
| E | 90 | 05 | 07½ |
| B | 85 | 29 | 33 |
| A | 4 | 25 | 19½ |
| | | | |
| Ang. de altura en *Oyamb.* obſervando à *Tanlàg.* | 1 | 19 | 58 |
| depreſsion en *Tanlàgua* | 1 | 33 | 48 |
| *en el centro de la Tierra* T | | 13 | 50 |
| E | 90 | 06 | 55 |
| B | 88 | 26 | 12 |
| A | 1 | 26 | 53 |
| | | | |
| Ang. de depreſ. en *Pambam.* obſerv. à *Tanlàg.* | 1 | 25 | 42 |
| altura en *Tanlàgua* | 1 | 11 | 45 |
| *en el centro de la Tierra* T | 0 | 13 | 57 |
| E | 90 | 06 | 58½ |
| B | 88 | 48 | 15 |
| A | 1 | 04 | 46½ |
| | | | |
| Ang. de altura en *Pamb.* obſervan. à *Pichincha* | 00 | 09 | 53 |
| depreſsion en *Pichincha* | 00 | 28 | 26 |
| *en el centro de la Tierra* T | 00 | 18 | 33 |
| E | 90 | 09 | 16½ |
| B | 89 | 31 | 34 |
| A | 90 | 19 | 09½ |

Ang.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ang. de altura en *Tanlàgua* obſerv.à *Pichinc.* | 02° | 02′ | 52″ |
| depreſsion en *Pichincha* | 2 | 16 | 10 |
| *en el centro de la Tierra* T | | 13 | 18 |
| E | 90 | 06 | 39 |
| B | 87 | 43 | 50 |
| A | 2 | 09 | 31 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ang. de altura en *Shangallì* obſerv.à *Pichincha* | 3 | 25 | 47 |
| depreſsion en *Pichincha* | 3 | 39 | 11 |
| *en el centro de la Tierra* T | | 13 | 24 |
| E | 90 | 06 | 42 |
| B | 86 | 20 | 49 |
| A | 3 | 32 | 29 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ang. de altura en *Shangallì* obſerv.à *Pambam.* | 2 | 04 | 56 |
| depreſsion en *Pambamàrca* | 2 | 21 | 47 |
| *en el centro de la Tierra* T | | 16 | 51 |
| E | 90 | 08 | 25½ |
| B | 87 | 38 | 13 |
| A | 2 | 13 | 21½ |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ang. de altura en *Shangallì* obſerv. el *Corazòn* | 2 | 24 | 31 |
| depreſsion en el *Corazòn* | 2 | 42 | 10 |
| *en el centro de la Tierra* T | | 17 | 39 |
| E | 90 | 08 | 49½ |
| B | 87 | 17 | 50 |
| A | 2 | 33 | 20½ |

Ang.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ang. de altura en *Shangallì* obſerv. à *Pucaguaìcu* | 2° | 24′ | 17″ |
| depreſsion en *Pucaguaìcu* | 2 | 42 | 54 |
| *en el centro de la Tierra* T | | 18 | 37 |
| E | 90 | 09 | 18½ |
| B | 87 | 17 | 06 |
| A | 2 | 33 | 35½ |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ang. de altura en el *Corazòn* obſerv. à *Pucag.* | 00 | 06 | 50 |
| depreſsion en *Pucaguaìcu* | 00 | 19 | 34 |
| *en el centro de la Tierra* T | | 12 | 44 |
| E | 90 | 06 | 22 |
| B | 89 | 40 | 26 |
| A | | 13 | 12 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Angulo de depreſsion en *Pichincha* | 0 | 13 | 36½ |
| depreſsion en el *Corazòn* | 0 | 07 | 59½ |
| *en el centro de la Tierra* T | 0 | 21 | 36 |
| E | 90 | 10 | 48 |
| B | 89 | 46 | 23½ |
| A | | 2 | 48½ |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ang. de altura en *Papaùrcu* obſerv. el *Corazòn* | 1 | 30 | 58 |
| depreſsion en el *Corazòn* | 1 | 45 | 20 |
| *en el centro de la Tierra* T | | 14 | 22 |
| E | 90 | 07 | 11 |
| B | 88 | 14 | 40 |
| A | 1 | 38 | 09 |

Ang.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ang. de altura en *Milìn* obſervand. à *Papaúrcu* | 00° | 03′ | 32″ |
| depreſsion en *Papaùrcu* | | 16 | 32 |
| *en el centro de la Tierra* T | | 13 | 00 |
| E | 90 | 06 | 30 |
| B | 89 | 43 | 28 |
| A | | 10 | 02 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ang. de altura en *Milìn* obſervando el *Corazòn* | 1 | 05 | 50 |
| depreſsion en el *Corazòn* | 1 | 24 | 35 |
| *en el centro de la Tierra* T | | 18 | 45 |
| E | 90 | 09 | 22½ |
| B | 88 | 35 | 25 |
| A | 1 | 15 | 12½ |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ang. de altura en *Milìn* obſervan. à *Pucaguàicu* | 1 | 23 | 35 |
| depreſsion en *Pucaguàicu* | 1 | 49 | 14 |
| *en el centro de la Tierra* T | | 25 | 39 |
| E | 90 | 12 | 49½ |
| B | 88 | 10 | 46 |
| A | 1 | 36 | 24½ |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ang. de altura en *Papaùrcu* obſervan. à *Vengat.* | 1 | 00 | 48 |
| depreſsion en *Vengotàſin* | 1 | 14 | 45 |
| *en el centro de la Tierra* T | | 13 | 57 |
| E | 90 | 06 | 58½ |
| B | 88 | 45 | 15 |
| A | 1 | 07 | 46½ |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ang. de altura en *Milìn* obſervand. à *Vengotàſin* | 1° | 11′ | 20″ |
| depreſsion en *Vengotàſin* | 1 | 23 | 45 |
| *en el centro de la Tierra* T | | 12 | 25 |
| E | 90 | 06 | 12½ |
| B | 88 | 36 | 15 |
| A | 1 | 17 | 32½ |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ang. de altura en *Chulàpu* obſerv. à *Vengotàſin* | 00 | 27 | 15 |
| depreſsion en *Vengotàſin* | 00 | 40 | 45 |
| *en el centro de la Tierra* T | | 13 | 30 |
| E | 90 | 06 | 45 |
| B | 89 | 19 | 15 |
| A | | 34 | 00 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ang. de altura en *Milìn* obſervando à *Chulàpu* | 00 | 24 | 29 |
| depreſsion en *Chulàpu* | | 40 | 40 |
| *en el centro de la Tierra* T | | 16 | 11 |
| E | 90 | 08 | 05½ |
| B | 89 | 19 | 20 |
| A | | 32 | 34½ |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ang. de altura en *Jivicàtſu* obſerv. à *Vengot.* | 2 | 01 | 00 |
| depreſsion en *Vengotàſin* | 2 | 15 | 08 |
| *en el centro de la Tierra* T | | 14 | 08 |
| E | 90 | 07 | 04 |
| B | 87 | 44 | 52 |
| A | 2 | 08 | 04 |

Ang.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ang. de altura en *Jivicàtſu* obſervan.à *Chulàpu* | 2° | 33′ | 29″ |
| depreſsion en *Chulàpu* | 2 | 42 | 50 |
| *en el centro de la Tierra* T | | 9 | 21 |
| E | 90 | 04 | 40½ |
| B | 87 | 17 | 10 |
| A | 2 | 38 | 09½ |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ang. de altura en *Chichichòco* obſerv.à *Chulàpu* | 0 | 27 | 05 |
| depreſsion en *Chulàpu* | | 39 | 05 |
| *en el centro de la Tierra* T | | 12 | 00 |
| E | 90 | 06 | 00 |
| B | 89 | 20 | 55 |
| A | | 33 | 05 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ang. de altura en *Jivicàtſu* obſerv. à *Chichich.* | 0 | 55 | 30 |
| depreſsion en *Chichichòco* | 1 | 09 | 19 |
| *en el centro de la Tierra* T | | 13 | 49 |
| E | 90 | 06 | 54½ |
| B | 88 | 50 | 41 |
| A | 1 | 02 | 24½ |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ang.de altura en *Chichichòco* obſerv.à *Mulmùl* | 1 | 13 | 05 |
| depreſsion en *Mulmùl* | 1 | 20 | 30 |
| *en el centro de la Tierra* T | | 7 | 25 |
| E | 90 | 03 | 42½ |
| B | 88 | 39 | 30 |
| A | 1 | 16 | 47½ |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ang. de altura en *Jivicàtſu* obſervan. à *Mulmùl* | 1° | 42′ | 30″ |
| depreſsion en *Mulmùl* | 1 | 56 | 32 |
| *en el centro de la Tierra* T | | 14 | 02 |
| E | 90 | 07 | 01 |
| B | 88 | 03 | 28 |
| A | 1 | 49 | 31 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ang. de altura en *Chichichòco* obſerv. à *Guayàma* | 3 | 29 | 35 |
| depreſsion en *Guayàma* | 3 | 35 | 29 |
| *en el centro de la Tierra* T | | 5 | 54 |
| E | 90 | 02 | 57 |
| B | 86 | 24 | 31 |
| A | 3 | 32 | 32 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ang. de altura en *Mulmùl* obſervan. à *Guayàma* | 2 | 07 | 35 |
| depreſsion de *Guayàma* | 2 | 12 | 58 |
| *en el centro de la Tierra* T | | 5 | 23 |
| E | 90 | 02 | 41½ |
| B | 87 | 47 | 02 |
| A | 2 | 10 | 16½ |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ang. de altura en *Ilmàl* obſervando à *Mulmùl* | 0 | 10 | 09 |
| depreſsion en *Mulmúl* | 0 | 22 | 25 |
| *en el centro de la Tierra* T | | 12 | 16 |
| E | 90 | 06 | 08 |
| B | 89 | 37 | 35 |
| A | | 16 | 17 |

Ang.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ang. de altura en *Ilmàl* obſervando à *Guayàma* | 1° | 22′ | 59″ |
| depreſsion en *Guayàma* | 1 | 33 | 48 |
| *en el centro de la Tierra* T | | 10 | 49 |
| E | 90 | 05 | 24½ |
| B | 88 | 26 | 12 |
| A | 1 | 28 | 23½ |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ang. de altura en *Ilmàl* obſerv. à *Siſa-Pòngo* | 00 | 23 | 39 |
| depreſsion en *Siſa-Póngo* | 00 | 40 | 15 |
| *en el centro de la Tierra* T | | 16 | 36 |
| E | 90 | 08 | 18 |
| B | 89 | 19 | 45 |
| A | | 31 | 57 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ang. de altura en *Siſa-Pòngo* obſerv.à *Guayà.* | 00 | 22 | 40 |
| depreſsion en *Guayàma* | 00 | 38 | 04 |
| *en el centro de la Tierra* T | | 15 | 24 |
| E | 90 | 07 | 42 |
| B | 89 | 21 | 56 |
| A | | 30 | 22 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ang. de depreſ.en *Ilmàl* obſervand.à *Sèſgum* | 00 | 31 | 46 |
| altura en *Sèſgum* | 00 | 26 | 28 |
| *en el centro de la Tiera* T | | 05 | 18 |
| E | 90 | 02 | 39 |
| B | 89 | 28 | 14 |
| A | | 29 | 07 |

Ang.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ang. de altura en *Sèſgum* obſerv. à *Siſa-Pòngo* | 0° | 57′ | 35″ |
| depreſsion en *Siſa-Pòngo* | 1 | 07 | 45 |
| *en el centro de la Tierra* T | | 10 | 10 |
| E | 90 | 05 | 05 |
| B | 88 | 52 | 15 |
| A | 1 | 02 | 40 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ang. de altura en *Siſa-Pòngo* obſerv. à *Lanlang.* | 0 | 29 | 45 |
| depreſsion en *Lanlangúſo* | 0 | 42 | 35 |
| *en el centro de la Tierra* T | | 12 | 50 |
| E | 90 | 06 | 25 |
| B | 89 | 17 | 25 |
| A | | 36 | 10 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ang. de altura en *Sèſgum* obſerv. à *Lanlangùſo* | 1 | 55 | 12 |
| depreſsion en *Lanlangùſo* | 2 | 04 | 20 |
| *en el centro de la Tierra* T | | 9 | 08 |
| E | 90 | 04 | 34 |
| B | 87 | 55 | 40 |
| A | 1 | 59 | 46 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ang. de altura en *Sèſgum* obſerv. à *Senegualàp* | 1 | 55 | 28 |
| depreſsion en *Senegualàp* | 2 | 03 | 51 |
| *en el centro de la Tierra* T | | 8 | 23 |
| E | 90 | 04 | 11½ |
| B | 87 | 56 | 09 |
| A | 1 | 59 | 39½ |

Ang.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ang. de altura en *Senegualàp* obſerv. à *Lanlan.* | 00° | 10′ | 39″ |
| depreſsion en *Lanlangùſo* | 00 | 22 | 35 |
| *en el centro de la Tierra* T | | 11 | 56 |
| E | 90 | 05 | 58 |
| B | 89 | 37 | 25 |
| A | | 16 | 37 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ang. de altura en *Chuſaì* obſerv. à *Lanlangùſo* | 1 | 10 | 03 |
| depreſsion en *Lanlangùſo* | 1 | 20 | 05 |
| *en el centro de la Tierra* T | | 10 | 02 |
| E | 90 | 05 | 01 |
| B | 88 | 39 | 55 |
| A | 1 | 15 | 04 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ang. de altura en *Chuſaì* obſerv. à *Senegualàp* | 00 | 45 | 05 |
| depreſsion en *Senegualàp* | 00 | 58 | 31 |
| *en el centro de la Tierra* T | | 13 | 26 |
| E | 90 | 06 | 43 |
| B | 89 | 01 | 29 |
| A | | 51 | 48 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ang. de altura en *Senegualàp* obſerv. à *Tiolòma* | 00 | 03 | 49 |
| depreſsion en *Tiolòma* | 00 | 15 | 39 |
| *en el centro de la Tierra* T | | 11 | 50 |
| E | 90 | 05 | 55 |
| B | 89 | 44 | 21 |
| A | | 9 | 44 |

Ang.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ang.de altura en *Chuſaì* obſervand.à *Tiolòma* | 00° | 42′ | 35″ |
| depreſsion en *Tiolòma* | 00 | 59 | 14 |
| *en el centro de la Tierra* T | | 16 | 39 |
| E | 90 | 08 | 19½ |
| B | 89 | 00 | 46 |
| A | | 50 | 54½ |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ang.de altura en *Chuſaì* obſervando à *Sinaſag.* | 1 | 29 | 02 |
| depreſsion en *Sinaſaguàn* | 1 | 42 | 24 |
| *en el centro de la Tierra* T | | 13 | 22 |
| E | 90 | 06 | 41 |
| B | 88 | 17 | 36 |
| A | 1 | 35 | 43 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ang.de altura en *Tiolòma* obſervan.à *Sinaſag.* | 00 | 22 | 31 |
| depreſsion en *Sinaſaguàn* | 00 | 40 | 14 |
| *en el centro de la Tierra* T | | 17 | 43 |
| E | 90 | 08 | 51½ |
| B | 89 | 19 | 46 |
| A | | 31 | 22½ |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ang.de altura en *Quinoalòma* obſerv.à *Tiolòma* | 00 | 49 | 19 |
| depreſsion en *Tiolòma* | 00 | 58 | 59 |
| *en el centro de la Tierra* T | | 9 | 40 |
| E | 90 | 04 | 50 |
| B | 89 | 01 | 01 |
| A | | 54 | 09 |

Ang.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ang. de altura en *Quinoalòma* obſerv. à *Sinaſag.* | 1° | 21′ | 26″ |
| depreſsion en *Sinaſaguàn* | 1 | 33 | 06 |
| *en el centro de la Tierra* T | | 11 | 40 |
| E | 90 | 05 | 50 |
| B | 88 | 26 | 54 |
| A | 1 | 27 | 16 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ang. de altura en *Bueràn* obſerv. à *Sinaſaguàn* | 1 | 30 | 42 |
| depreſsion en *Sinaſaguàn* | 1 | 43 | 04 |
| *en el centro de la Tierra* T | | 12 | 22 |
| E | 90 | 06 | 11 |
| B | 88 | 16 | 56 |
| A | 1 | 36 | 53 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ang. de altura en *Bueràr* obſerv. à *Quinoalòma* | 00 | 03 | 52 |
| depreſsion en *Quinoalòma* | 00 | 20 | 32 |
| *en el centro de la Tierra* T | | 16 | 40 |
| E | 90 | 08 | 20 |
| B | 89 | 39 | 28 |
| A | | 12 | 12 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ang. de altura en *Yaſuaì* obſerv. à *Quinoalòma* | 00 | 37 | 23 |
| depreſsion en *Quinoalòma* | 00 | 48 | 33 |
| *en el centro de la Tierra* T | | 11 | 10 |
| E | 90 | 05 | 35 |
| B | 89 | 11 | 27 |
| A | | 42 | 58 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ang. de altura en *Yasuaì* observando à *Bueràn* | 00° | 21′ | 08″ |
| depresion en *Bueràn* | 00 | 32 | 28 |
| *en el centro de la Tierra* T | | 11 | 20 |
| E | 90 | 05 | 40 |
| B | 89 | 27 | 32 |
| A | | 26 | 48 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ang. de altura en *Surampàlte* observ. à *Bueràn* | 1 | 06 | 55 |
| depresion en *Bueràn* | 1 | 13 | 37 |
| *en el centro de la Tierra* T | | 6 | 42 |
| E | 90 | 03 | 21 |
| B | 88 | 46 | 23 |
| A | 1 | 10 | 16 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ang. de altura en *Surampàlte* observ. à *Yasuaì* | 00 | 08 | 58 |
| depresion en *Yasuaì* | 00 | 21 | 14 |
| *en el centro de la Tierra* T | | 12 | 16 |
| E | 90 | 06 | 08 |
| B | 89 | 38 | 46 |
| A | | 15 | 06 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ang. de altura en *Guanacaùri* observ. à *Yasuaì* | 1 | 48 | 17 |
| depresion en *Yasuaì* | 2 | 05 | 47 |
| *en el centro de la Tierra* T | | 17 | 30 |
| E | 90 | 08 | 45 |
| B | 87 | 54 | 13 |
| A | 1 | 57 | 02 |

Ang.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ang.de altura en *Guanacàuri* obſerv.à *Suramp.* | 3° | 01′ | 02″ |
| depreſsion en *Surampàlte* | 3 | 09 | 02½ |
| *en el centro de la Tierra* T | | 8 | 00½ |
| E | 90 | 04 | 00¼ |
| B | 86 | 50 | 57½ |
| A | 3 | 05 | 02¼ |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ang.de altura en *la Torre de Cuenca* obſ.à *Suram.* | 2 | 46 | 08 |
| depreſsion en *Surampàlte* | 2 | 55 | 27½ |
| *en el centro de la Tierra* T | | 9 | 19½ |
| E | 90 | 04 | 39¾ |
| B | 87 | 04 | 32½ |
| A | 2 | 50 | 47¾ |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ang. de alt.en *la Torre de Cuenca* obſ. à *Guanac.* | 00 | 03 | 02 |
| depreſsion en *Guanacàuri* | 00 | 06 | 10 |
| *en el centro de la Tierra* T | | 3 | 08 |
| E | 90 | 01 | 34 |
| B | 89 | 53 | 50 |
| A | | 4 | 36 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ang. de altura en *Guàpulo* obſerv. à *Tanlàgua* | 00 | 48 | 29 |
| depreſsion en *Tanlàgua* | 1 | 00 | 26 |
| *en el centro de la Tierra* T | | 11 | 57 |
| E | 90 | 05 | 58½ |
| B | 88 | 59 | 34 |
| A | | 54 | 27½ |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ang. de altura en *Guápulo* obſerv. à *Pambam.* | 1° | 51′ | 03″ |
| depreſsion en *Pambamàrca* | 2 | 05 | 52 |
| *en el centro de la Tierra* T | | 14 | 49 |
| E | 90 | 07 | 24½ |
| B | 87 | 54 | 08 |
| A | 1 | 58 | 27½ |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ang. de altura en *Guàpulo* obſerv. à *Campanàrio* | 1 | 46 | 35 |
| depreſsion en *Campanàrio* | 1 | 55 | 00 |
| *en el centro de la Tierra* T | | 8 | 25 |
| E | 90 | 04 | 12½ |
| B | 88 | 05 | 00 |
| A | 1 | 50 | 47½ |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ang. de altura en *Campanàr.* obſerv. à *Pambam.* | 0 | 55 | 50 |
| depreſsion en *Pambamàrca* | 1 | 10 | 34 |
| *en el centro de la Tierra* T | | 14 | 44 |
| E | 90 | 07 | 22 |
| B | 88 | 49 | 26 |
| A | 1 | 03 | 12 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ang. de altura en *Campanàrio* obſervan. à *Cosìn* | 00 | 22 | 55 |
| depreſsion en *Cosìn* | 00 | 43 | 58 |
| *en el centro de la Tierra* T | | 21 | 03 |
| E | 90 | 10 | 31½ |
| B | 89 | 16 | 02 |
| A | | 33 | 26½ |

Ang.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ang. de altura en *Cosìn* obſervando à *Pambam.* | 00° | 12′ | 48″ |
| depreſsion en *Pambamàrca* | 00 | 27 | 03 |
| *en el centro de la Tierra* T | | 14 | 15 |
| E | 90 | 07 | 07½ |
| B | 89 | 32 | 57 |
| A | | 19 | 55½ |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ang. de altura en *Campanar.*obſerv.à *Cuicòcha* | 00 | 21 | 39 |
| depreſsion en *Cuicòcha* | 00 | 43 | 26 |
| *en el centro de la Tierra* T | | 21 | 47 |
| E | 90 | 10 | 53½ |
| B | 89 | 16 | 34 |
| A | | 32 | 32½ |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ang. de depreſsion en *Cosìn* obſerv.à *Cuicòcha* | 00 | 03 | 18 |
| depreſsion en *Cuicòcha* | 00 | 10 | 41 |
| *en el centro de la Tierra* T | | 13 | 59 |
| E | 90 | 06 | 59½ |
| B | 89 | 49 | 19 |
| A | | 3 | 42 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ang. de altura en *Mira* obſervando à *Cosìn* | 1 | 40 | 45 |
| depreſsion en *Cosìn* | 2 | 03 | 08 |
| *en el centro de la Tierra* T | | 22 | 23 |
| E | 90 | 11 | 11½ |
| B | 87 | 56 | 52 |
| A | 1 | 51 | 56½ |

Ang.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ang. de altura en *Mira* obſervando à *Cuicòcha* | 2° | 01′ | 05″ |
| depreſsion en *Cuicòcha* | 2 | 20 | 36 |
| *en el centro de la Tierra* T | | 19 | 31 |
| E | 90 | 09 | 45½ |
| B | 87 | 39 | 24 |
| A | 2 | 10 | 50½ |

Con eſtos fundamentos, y la reſolucion ordinaria de triangulos, *D. Antonio de Ulloa* deduce las tablas ſiguientes.

## Tabla de las diſtancias horizontàles de unas Señales à otras, reducidas al nivèl de la mas baxa, de las dos que ſe dàn.

a Fig. 10 Lam. 4

| | | Diſtancias horizontàles en toeſas. |
|---|---|---|
| De *Curabùru* (B) [a] à | *Pambamàrca* (C) | 8978. 111 |
| *Oyambàro* (A) à | *Pambamàrca* (C) | 9790. 779 |
| | *Tanlàgua* (D) | 15657. 752 |
| *Pambamàrca* (C) à | *Tanlàgua* (D) | 16055. 525 |
| *Pichincha* (*b*) à | *Tanlàgua* (D) | 12680. 796 |
| | *Pambamàrca* (C) | 20335. 426 |
| *Pambamàrca* (C) à | *Shangallì* (*d*) | 18115. 968 |
| *Pichincha* (*b*) à | *Shangallì* (*d*) | 13224. 176 |
| | *el Corazón* (G) | 21079. 094 |
| *el Corazòn* (G) à | *Shangallì* (*d*) | 18077. 436 |
| *Shangallì* (*d*) à | *Pucaguaìcu* (*e*) | 19247. 207 |
| *Pucaguaìcu* (*e*) al | *Corazòn* (G) | 13206. 381 |
| *el Corazòn* (G) à | *Papaúrcu* (L) | 13416. 777 |
| | *Milìn* (K) | 19174. 104 |
| *Milìn* (K) à | *Papaùrcu* (L) | 12771. 190 |

De

| | | Diſtancias horizontàles en toeſas. |
|---|---|---|
| De *Milìn* (K) à | *Pucaguaìcu* (*e*) | 17648. 539 |
| *Papaùrcu* (L) à | *Vengotàſin* (M) | 12975. 449 |
| *Milìn* (K) à | *Vengotàſin* (M) | 12974. 662 |
| | *Chulàpu* (N) | 16767. 798 |
| *Vengotàſin* (M) à | *Chulàpu* (N) | 13544. 315 |
| | *Jivicàtſu* (O) | 13729. 583 |
| *Chulàpu* (N) à | *Jivicàtſu* (O) | 8152. 109 |
| *Chichichòco* (P) à | *Chulàpu* (N) | 13216. 635 |
| *Jivicàtſu* (O) à | *Chichichòco* (P) | 13741. 084 |
| | *Mulmùl* (Q) | 13639. 287 |
| *Chichichòco* (P) à | *Mulmùl* (Q) | 8117. 374 |
| | *Guayàma* (R) | 6760. 584 |
| *Mulmùl* (Q) à | *Guayàma* (R) | 6275. 801 |
| *Guayàma* (R) à | *Ilmàl* (S) | 11753. 091 |
| *Mulmùl* (Q) à | *Ilmàl* (S) | 13461. 682 |
| *Guayàma* (R) à | *Siſa-Pòngo* (T) | 16518. 380 |
| *Ilmàl* (S) à | *Siſa-Pongo* (T) | 16984. 369 |
| | *Sèſgum* (V) | 13745. 233 |
| *Siſa-Pòngo* (T) à | *Sèſgum* (V) | 16437. 396 |
| | *Lanlangùſo* (U) | 13138. 066 |
| *Sèſgum* (V) à | *Lanlangùſo* (U) | 12276. 655 |
| | *Senegualàp* (X) | 10373. 539 |
| *Lanlangùſo* (U) à | *Senegualàp* (X) | 13254. 895 |
| | *Chuſaì* (Y) | 12928. 025 |
| *Senegualàp* (X) à | *Chuſaì* (Y) | 14354. 177 |
| *Chuſaì* (Y) à | *Tiolòma* (Z) | 16836. 112 |
| *Senegualàp* (X) à | *Tiolòma* (Z) | 12244. 288 |
| *Chuſaì* (Y) à | *Sinaſaguàn* (α) | 13587. 468 |
| *Tiolòma* (Z) à | *Sinaſaguàn* (α) | 13396. 911 |
| *Sinaſaguàn* (α) à | *Quinoalòma* (β) | 11788.048 |

De

| | | Diſtancias horizontàles en toeſas. |
|---|---|---|
| De *Tiolòma* (Z) à | *Quinoalòma* (β) | 10869. 518 |
| *Sinaſaguàn* (α) à | *Bueràn* (γ) | 12680. 533 |
| *Quinoalòma* (β) à | *Bueràn* (γ) | 16807. 548 |
| | *Yaſuai* (δ) | 12370. 679 |
| *Bueràn* (γ) à | *Yaſuaì* (δ) | 12414. 655 |
| *Yaſuaì* (δ) à | *Surampàlte* (π) | 14015. 866 |
| *Bueràn* (γ) à | *Surampàlte* (π) | 7644. 463 |
| *Yaſuaì* (δ) à | *Guanacaùri* (θ) | 16306. 501 |
| *Surampàlte* (π) à | *Guanacaùri* (θ) | 9043. 932 |
| *Guanacauri* (θ) à | *la Torre de Cuenca* (ε) | 3478. 092 |
| *Surampàlte* (π) à | *la Torre de Cuenca* (ε) | 9876. 712 |
| *Pambamarca* (C) à | *Guàpulo* (E) | 15852. 117 |
| *Tanlàgua* (D) à | *Guàpulo* (E) | 12738. 669 |
| *Pambamarca* (C) à | *Campanàrio* (ζ) | 15688. 753 |
| *Guàpulo* (E) à | *Campanàrio* (ζ) | 8703. 901 |
| *Campanàrio* (ζ) à | *Cosìn* (φ) | 21856. 588 |
| *Pambamarca* (C) à | *Consìn* (φ) | 13578. 285 |
| *Cosìn* (φ) à | *Cuicòcha* (ψ) | 14712. 553 |
| *Campanàrio* (ζ) à | *Cuicòcha* (ψ) | 23136. 673 |
| *Cuicòcha* (ψ) à | *Mìra* (ω) | 20707. 245 |
| *Cosìn* (φ) à | *Mìra* (ω) | 23750. 297 |

Ta-

# Tabla de las alturas de unas Señales reſpecto de otras.

| | | toeſas |
|---|---|---|
| Alt. de *Pambamàrca* (C) ſobre | *Carabùru* (B) | 886 |
| | *Oyambàro* (A) | 756 |
| | *Tanlàgua* (D) | 367 |
| | *Shangallí* (*d*) | 703 |
| | *Guàpulo* (E) | 546 |
| | *Campanàrio* (ζ) | 288 |
| | *Cosín* (Φ) | 78 |
| *Tanlàgua* (D) ſobre | *Oyambaro* (A) | 395 |
| | *Guàpulo* (E) | 201 |
| *Pichíncha* (*b*) ſobre | *Tanlàgua* (D) | 478 |
| | *Pambamarca* (C) | 113 |
| | *Shangallí* (*d*) | 819 |
| | *el Corazòn* (G) | 017 |
| *el Corazòn* (G) ſobre | *Shangallí* (*d*) | 807 |
| | *Papaùrcu* (L) | 383 |
| | *Milín* (K) | 419 |
| *Pucaguaícu* (*e*) ſobre | *Shangallí* (*d*) | 860 |
| | *el Corazòn* (G) | 050 |
| | *Papaùrcu* (L) | 434 |
| | *Milín* (K) | 469 |
| *Papaùrcu* (L) ſobre | *Milín* (K) | 038 |
| *Vengotàſin* (M) ſobre | *Papaùrcu* (L) | 255 |
| | *Milín* (K) | 299 |
| | *Chulàpu* (N) | 133 |
| | *Jivicàtſu* (O) | 511 |
| *Chulàpu* (N) ſobre | *Milìn* (K) | 157 |

| | | toeſas |
|---|---|---|
| Alt. de *Chulàpu* (N) ſobre | *Jivicàtſu* (O) | 375 |
| | *Chichichòco* (P) | 127 |
| *Chichichòco* (P) ſobre | *Jivicàtſu* (O) | 249 |
| *Mulmùl* (Q) ſobre | *Jivicàtſu* (O) | 434 |
| | *Chichichòco* (P) | 181 |
| | *Ilmal* (S) | 063 |
| *Guayàma* (R) ſobre | *Chichichòco* (P) | 418 |
| | *Mulmùl* (Q) | 237 |
| | *Ilmal* (S) | 302 |
| | *Siſa-Pòngo* (T) | 145 |
| *Siſa-Pòngo* (T) ſobre | *Ilmal* (S) | 157 |
| | *Sèſgum* (V) | 299 |
| *Ilmàl* (S) ſobre | *Sèſgum* (V) | 116. |
| *Lanlanguſo* (U) ſobre | *Siſa-Pòngo* (T) | 138 |
| | *Sèſgum* (V) | 427 |
| | *Senagualap* (X) | 064 |
| | *Chuſaì* (Y) | 282 |
| *Senagualàp* (X) ſobre | *Sèſgum* (V) | 360 |
| | *Chuſaì* (Y) | 216 |
| *Tiolòma* (Z) ſobre | *Senagualàp* (X) | 034 |
| | *Chuſai* (Y) | 249 |
| | *Quinoalòma* (β) | 171 |
| *Sinaſaguàn* (α) ſobre | *Chuſaì* (Y) | 378 |
| | *Tiolòma* (Z) | 122 |
| | *Quinoalòma* (β) | 299 |
| | *Bueràn* (γ) | 357 |
| *Quinoalòma* (β) ſobre | *Bueràn* (γ) | 059 |
| | *Yaſuaì* (δ) | 154 |
| *Bueràn* (γ) ſobre | *Yaſuaì* (δ) | 96 |
| | *Surampalte* (π) | 156 |

*Yaſui*

| | | toesas |
|---|---|---|
| Alt.de *Yasuai* (ϑ) sobre | *Surampàlte* (π) | 061 |
| | *Guanacaùri* (θ) | 555 |
| *Surampàlte* (π) sobre | *Guanacaùri* (θ) | 487 |
| | *la Torre de Cuenca* (ε) | 491 |
| *Guanacaùri* (θ) sobre | *la Torre de Cuenca* (ε) | 004 |
| *Campanàrio* (ζ) sobre | *Guàpulo* (E) | 280 |
| *Cosin* (φ) sobre | *Campanàrio* (ζ) | 212 |
| | *Mira* (ω) | 773 |
| *Cuicòcha* (ψ) sobre | *Campanàrio* (ζ) | 218 |
| | *Cosin* (φ) | 16 |
| | *Mira* (ω) | 788 |

En esta ultima tabla se advertiràn algunas diferencias en las alturas de las Señales, si se quieren concluir, por medio de la addicion,ò substraccion unas de otras; lo qual ha procedido, de que muchas veces no se podían observar desde las cumbres de los Paramos los angulos Verticales con mucha comodidad; y menos rectificar el Quarto de circulo; porque los Vientos tan furiosos, que de ordinario corren en aquellos parages, no nos dexaban sossegar el Perpendiculo, que señala la division en el Instrumento.

## CAPITULO IV.

*Reduccion de las distancias horizontáles halladas à un propio Nivèl, y deduccion de una nueva Série de triangulos horizontáles.*

LAs distancias horizontàles halladas (respeto de estàr unas Señales mas altas que otras, y haverse solo reducido cada una de ellas al nivél de la mas baxa de las dos, que

que las comprehenden) estàn precisamente concluídas à distintos niveles, ò planos; es pues necessario reducirlas todas al mismo nivèl, ò distancia de la superficie Terraquea: *Don Antonio de Ulloa* escoge para esto el de *Caraburu*; y supone, que esta Señal està elevada sobre la superficie del Mar 1600 toesas; y ademàs que las perpendiculares tiradas al horizonte se unen todas en el centro de la Tierra; cuyo radio toma de 3269297 toesas, que es el que dà *M. Cassini* en su tomo de la *Magnitud, y figura de la Tierra* pagina 247. Con estos principios, con las alturas de unas Señales sobre las otras yà dadas, y con la misma analogìa de que yo me valì en el Capitulo VII de la Seccion antecedente, reduxo las distancias horizontales antecedentes al nivèl de *Caraburo* como se sigue.

## Tabla de las distancias horizontàles de unas Señales à otras, reducidas al nivèl de *Carabùru*.

| | | | Distancias horizontàles en toesas. |
|---|---|---|---|
| De *Curabùru* (B) | à | *Pambamàrca* (C) | 8978. 111 |
| *Oyambàro* (A) | à | *Pambamàrca* (C) | 9790. 401 |
| *Oyambàro* (C) | à | *Tanlàgua* (D) | 15657. 148 |
| *Pambamàrca* (C) | à | *Tanlàgua* (D) | 16052. 968 |
| *Pichincha* (b) | à | *Tanlàgua* (D) | 12678. 779 |
| | à | *Pambamàrca* (C) | 20329. 919 |
| *Pambamàrca* (C) | à | *Shangallì* (d) | 18114. 954 |
| *Pichincha* (b) | à | *Shangallì* (d) | 13223. 436 |
| | | *el Corazón* (G) | 21072. 716 |
| *el Corazòn* (G) | à | *Shangallì* (d) | 18076. 414 |

De

| | | Diſtancias horizontàles en toeſas. |
|---|---|---|
| De *Shangallì* (*d*) à | *Pucaguaìcu* (*e*) | 19246. 130 |
| *Pucaguaìcu* (*e*) al | *Corazòn* (G) | 13202. 385 |
| el *Corazòn* (G) à | *Papaúrcu* (L) | 13414. 287 |
| | *Milìn* (K) | 19170. 757 |
| *Milìn* (K) à | *Papaùrcu* (L) | 12768. 960 |
| | *Pucaguaìcu* (*e*) | 17645. 458 |
| *Papaùrcu* (L) à | *Vengotàſin* (M) | 12973. 041 |
| *Milìn* (K) à | *Vengotàſin* (M) | 12972. 397 |
| | *Chulàpu* (N) | 16764. 871 |
| *Vengotàſin* (M) à | *Chulàpu* (N) | 13541. 301 |
| | *Jivicàtſu* (O) | 13728. 104 |
| *Chulàpu* (N) à | *Jivicàtſu* (O) | 8151. 231 |
| *Chichichòco* (P) à | *Chulàpu* (N) | 13214. 207 |
| *Jivicàtſu* (O) à | *Chichichòco* (P) | 13739. 605 |
| | *Mulmùl* (Q) | 13637. 819 |
| *Chichichòco* (P) à | *Mulmùl* (Q) | 8115. 882 |
| | *Guayàma* (R) | 6759. 342 |
| *Mulmùl* (Q) à | *Guayàma* (R) | 6274. 301 |
| *Guayàma* (R) à | *Ilmàl* (S) | 11750. 508 |
| *Mulmùl* (Q) à | *Ilmàl* (S) | 13458. 723 |
| *Guayàma* (R) à | *Siſa-Pòngo* (T) | 16513. 962 |
| *Ilmàl* (S) à | *Siſa-Pongo* (T) | 16980. 636 |
| *Guayàma* (R) à | *Siſa-Pòngo* (T) | 16512. 612 |
| *Ilmàl* (S) à | *Sèſgum* (V) | 13742. 710 |
| *Siſa-Pòngo* (T) à | *Sèſgum* (V) | 16434. 371 |
| *Siſa-Pòngo* (T) à | *Lanlangùſo* (U) | 13134. 552 |
| *Sèſgum* (V) à | *Lanlangùſo* (U) | 12274. 396 |
| | *Senegualàp* (X) | 10371. 630 |
| *Lanlangùſo* (U) à | *Senegualàp* (X) | 13250. 994 |
| | *Chuſaì* (Y) | 12925. 073 |

De

| | | Diſtancias horizontàles en toeſas. |
|---|---|---|
| De *Senegualàp* (X) à | *Chuſaì* (Y) | 14350. 899 |
| *Chuſaì* (Y) à | *Tiolòma* (Z) | 16832. 268 |
| *Senegualàp* (X) à | *Tiolòma* (Z) | 12240. 684 |
| *Chuſaì* (Y) à | *Sinaſaguàn* (α) | 13584. 365 |
| *Tiolòma* (Z) à | *Sinaſaguàn* (α) | 13392. 829 |
| *Sinaſaguàn* (α) à | *Quinoalòma* (β) | 11785. 071 |
| *Tiolòma* (Z) à | *Quinoalòma* (β) | 10866. 773 |
| *Sinaſaguàn* (α) à | *Bueràn* (γ) | 12677. 560 |
| *Quinoalòma* (β) à | *Bueràn* (γ) | 16803. 607 |
| | *Yaſuaì* (δ) | 12368. 141 |
| *Bueràn* (γ) à | *Yaſuaì* (δ) | 12412. 108 |
| *Yaſuaì* (δ) à | *Surampàlte* (π) | 14013. 252 |
| *Bueràn* (γ) à | *Surampàlte* (π) | 7643. 068 |
| *Yaſuaì* (δ) à | *Guanacaùri* (θ) | 16305. 888 |
| *Surampàlte* (π) à | *Guanacaùri* (θ) | 9043. 591 |
| *Guanacauri* (θ) à | *la Torre de Cuenca* (ε) | 3477. 965 |
| *Surampàlte* (π) à | *la Torre de Cuenca* (ε) | 9876. 352 |
| *Pambamarca*(C) à | *Guàpulo* (E) | 15850. 576 |
| *Tanlàgua* (D) à | *Guàpulo* (E) | 12737. 430 |
| *Pambamarca*(C) à | *Campanàrio* (ζ) | 15685. 885 |
| *Guàpulo* (E) à | *Campanàrio* (ζ) | 8703. 055 |
| *Campanàrio* (ζ) à | *Cosìn* (φ) | 21852. 593 |
| *Pambamarca*(C) à | *Cosìn* (φ) | 13574. 923 |
| *Cosìn* (φ) à | *Cuicòcha* (ψ) | 14711. 967 |
| *Campanàrio* (ζ) à | *Cuicòcha* (ψ) | 23132. 417 |
| *Cuicòcha* (ψ) à | *Mìra* (ω) | 20707. 010 |
| *Cosìn* (φ) à | *Mìra* (ω) | 23750. 028 |

En el Capitulo V de la Seccion antecedente ſe dixo, como era neceſſario, para hallar todas las inclinaciones de los

los lados de los triangulos reſpecto del Meridiano, reducir à horizontàles algunos angulos de los de la primera Série, lo que hice yo en el miſmo Capitulo por Trigonometría Eſphérica; pero *Don Antonio de Ulloa* para aſſegurar los calculos, quiſo tomarſe el trabajo de hacerlo por la plana, cuya via es algo mas larga; porque le fuè neceſſario hallar todas las alturas de las Señales las unas reſpecto de las otras, para reducir à horizontàles igualmente todas ſus diſtancias, que es la obra antecedente; por medio de las quales, y el calculo ordinario deduce una nueva Série de triangulos horizontàles, que es la ſiguiente.

## Série de los triangulos de la Meridiana reducidos à horizontàles.

### 2 Triangulo.

| | | | |
|---|---|---|---|
| *Oyambàro* (A) | 74° | 14′ | 02½″ |
| *Pambamàrca* (C) | 69 | 49 | 33½ |
| *Tanlàgua* (D) | 35 | 56 | 24 |

### 3

| | | | |
|---|---|---|---|
| *Tanlàgua* (D) | 89 | 16 | 32 |
| *Pichìncha* (*b*) | 52 | 08 | 40½ |
| *Pambamàrca* (C) | 38 | 34 | 47½ |

### 4

| | | | |
|---|---|---|---|
| *Pichìncha* (*b*) | 61 | 04 | 45 |
| *Shangallì* (*d*) | 79 | 12 | 30 |
| *Pambamàrca* (C) | 39 | 42 | 45 |

*Pi-*

## 5 Triangulo.

| | | | |
|---|---|---|---|
| *Pichìncha* (*b*) | 58° | 22′ | 59″ |
| *Shangallì* (*d*) | 83 | 05 | 07 |
| *el Corazòn* (G) | 38 | 31 | 54 |

6

| | | | |
|---|---|---|---|
| *Shangallì* (*d*) | 41 | 16 | $58\frac{2}{3}$ |
| *el Corazòn* (G) | 74 | 06 | 52 |
| *Pucaguaìcu* (*e*) | 64 | 36 | $09\frac{1}{3}$ |

7

| | | | |
|---|---|---|---|
| *el Corazòn* (G) | 62 | 55 | 03 |
| *Pucaguaìcu* (*e*) | 41 | 46 | 18 |
| *Milìn* (K) | 75 | 18 | 39 |

8

| | | | |
|---|---|---|---|
| *el Corazòn* (G) | 41 | 38 | $27\frac{1}{3}$ |
| *Milìn* (K) | 44 | 16 | $13\frac{1}{3}$ |
| *Papaùrcu* (L) | 94 | 05 | $19\frac{1}{3}$ |

9

| | | | |
|---|---|---|---|
| *Milìn* (K) | 60 | 31 | $14\frac{1}{2}$ |
| *Papaúrcu* (L) | 60 | 30 | $56\frac{1}{2}$ |
| *Vengotàsin* (M) | 58 | 57 | 49 |

10

| | | | |
|---|---|---|---|
| *Milin* (K) | 52 | 18 | 08 |
| *Chulàpu* (N) | 49 | 17 | 19 |
| *Vengotàsin* (M) | 78 | 24 | 33 |

*Ven-*

| 11 Triagulo | | | |
|---|---|---|---|
| *Vengotàſin* (M) | 34° | 46′ | 35″ |
| *Chulàpu* (N) | 73 | 51 | 54 |
| *Jiϑicàtſu* (O) | 71 | 21 | 31 |

| 12 | | | |
|---|---|---|---|
| *Chulàpu* (N) | 75 | 57 | 17 |
| *Jiϑicàtſu* (O) | 68 | 54 | 31 |
| *Chichichòco* (P) | 35 | 08 | 12 |

| 13 | | | |
|---|---|---|---|
| *Jiϑicàtſu* (O) | 34 | 29 | 09 |
| *Mulmùl* (Q) | 73 | 26 | 36 |
| *Chichichòco* (P) | 72 | 04 | 15 |

| 14 | | | |
|---|---|---|---|
| *Chichichòco* (P) | 48 | 51 | 18 |
| *Mulmùl* (Q) | 54 | 13 | 10 |
| *Gayàma* (R) | 76 | 55 | 32 |

| 15 | | | |
|---|---|---|---|
| *Mulmùl* (Q) | 60 | 47 | 09⅓ |
| *Guayàma* (R) | 91 | 26 | 10⅓ |
| *Ilmàl* (S) | 27 | 46 | 40⅓ |

| 16 | | | |
|---|---|---|---|
| *Guayàma* (R) | 71 | 36 | 32⅔ |
| *Siſa-Pòngo* (T) | 41 | 02 | 42 |
| *Ilmàl* (S) | 67 | 20 | 45⅓ |

## 17 Triangulo

| | | | |
|---|---|---|---|
| *Sisa-Pòngo* (T) | 48° | 32′ | 08½″ |
| *Sèsgum* (V) | 67 | 48 | 31½ |
| *Ilmàl* (S) | 63 | 39 | 20 |

## 18

| | | | |
|---|---|---|---|
| *Sisa-Pòngo* (T) | 47 | 26 | 58 |
| *Sèsgum* (V) | 52 | 01 | 38 |
| *Lanlangùso* (U) | 80 | 31 | 24 |

## 19

| | | | |
|---|---|---|---|
| *Sèsgum* (V) | 71 | 03 | 34⅔ |
| *Lanlangùso* (U) | 47 | 45 | 33⅓ |
| *Senegualàp* (X) | 61 | 10 | 52 |

## 20

| | | | |
|---|---|---|---|
| *Lanlangùso* (U) | 66 | 28 | 48 |
| *Senagualàp* (X) | 55 | 40 | 17 |
| *Chusaì* (Y) | 57 | 50 | 55 |

## 21

| | | | |
|---|---|---|---|
| *Senagualàp* (X) | 78 | 05 | 53 |
| *Chusaì* (Y) | 45 | 21 | 49½ |
| *Tiolòma* (Z) | 56 | 32 | 17½ |

## 22

| | | | |
|---|---|---|---|
| *Chusaì* (Y) | 50 | 53 | 15½ |
| *Tiolóma* (Z) | 51 | 54 | 23½ |
| *Sinasaguàn* (α) | 77 | 12 | 21 |

*Tio-*

## 23 Triangulo

| | | | |
|---|---|---|---|
| *Tiolòma* (Z) | 56° | 59′ | 29″ |
| *Sinasaguàn* (α) | 50 | 38 | 46½ |
| *Quinoalòma* (β) | 72 | 21 | 44½ |

## 24

| | | | |
|---|---|---|---|
| *Sinasaguàn* (α) | 86 | 41 | 28 |
| *Quinoalòma* (β) | 48 | 52 | 05 |
| *Bueràn* (γ) | 44 | 26 | 27 |

## 25

| | | | |
|---|---|---|---|
| *Quinoalòma* (β) | 47 | 24 | 52½ |
| *Bueràn* (γ) | 47 | 11 | 38½ |
| *Yasuaì* (δ) | 85 | 23 | 29 |

## 26

| | | | |
|---|---|---|---|
| *Bueràn* (γ) | 85 | 07 | 50 |
| *Yasuaì* (δ) | 32 | 55 | 07½ |
| *Surampàlte* (π) | 61 | 57 | 02½ |

## 27

| | | | |
|---|---|---|---|
| *Yasuaì* (δ) | 33 | 38 | 24 |
| *Surampàlte* (π) | 87 | 13 | 24 |
| *Guanacaùri* (θ) | 59 | 08 | 12 |

## 28

| | | | |
|---|---|---|---|
| *Surampàlte* (π) | 20 | 34 | 58 |
| *la Torre de Cuenca* (ε) | 66 | 04 | 59 |
| *Guanacaùri* (θ) | 93 | 20 | 03 |

## 29 Triangulo

| | | | |
|---|---|---|---|
| *Tanlàgua* (D) | 65° | 38′ | 12″ |
| *Guàpulo* (E) | 67 | 18 | 22⅓ |
| *Pambamàrca* (C) | 47 | 03 | 25½ |

## 30

| | | | |
|---|---|---|---|
| *Guàpulo* (E) | 72 | 56 | 27 |
| *Pambamàrca* (C) | 32 | 02 | 02 |
| *Campanàrio* (ζ) | 75 | 01 | 31 |

## 31

| | | | |
|---|---|---|---|
| *Pambamàrca* (C) | 96 | 21 | 53 |
| *Campanàrio* (ζ) | 38 | 07 | 29 |
| *Cosìn* (φ) | 45 | 30 | 38 |

## 32

| | | | |
|---|---|---|---|
| *Campanàrio* (ζ) | 38 | 02 | 39 |
| *Cosìn* (φ) | 75 | 41 | 44 |
| *Cuicòcha* (Ψ) | 66 | 15 | 37 |

## 33

| | | | |
|---|---|---|---|
| *Cosìn* (φ) | 59 | 46 | 49⅓ |
| *Cuicòcha* (Ψ) | 82 | 20 | 43 |
| *Mira* (ω) | 37 | 52 | 27½ |

CA-

# CAPITULO V.

## *De las Obſervaciones de Azimuth del Sol, y deduccion de las inclinaciones de los lados de los triangulos reſpecto del Meridiano.*

DOn *Antonio de Ulloa* ſe ſirve del miſmo methodo, que yo me valì en el Capitulo V de la Seccion antecedente, para hallar las inclinaciones de los lados de los triangulos reſpecto del Meridiano, dadas las Obſervaciones de Azimuth del Sol; entre las quales ſe ſirve tambien de las tres primeras, que yo puſe en el Capitulo citado; pero como en el calculo empleò Elementos algo diſtintos, la reſulta de dichas tres Obſervaciones la concluyò con algunos ſegundos de diferencia, y ſon como ſe ſigue.

| | |
|---|---|
| 1. Deſde *Oyambàro* (A) *Pambamàrca* (C) inclinado del Norte al Eſte | 44° 09′ 59″ |
| 2. | 44 10 49 |
| 3. Deſde *Oyambàro* (A) *Tanlàgua* (D) inclinado del Norte al Oeſte de | 30 03 05 |

Además de eſtas tres Obſervaciones, ſe vale tambien de otras, que hizo con *M. M. Bouguer*, y *la Condamine*, en ſu curſo de Obſervaciones de angulos.

| | |
|---|---|
| 4. El dia 29 de Septiembre de 1738 al tiempo de ſalir el Sol, obſervaron deſde la Señal de *Chichichòco* (P), el angulo aparente comprehendido entre el limbo Meridionàl de aquel Aſtro, y la Señal de *Guayàma* (R) | 70 32 54 |
| à cuyo tiempo tenia de verdadera altura el centro del Sol | 1 10 00 |
| Eſte angulo reducido à horizontàl es de | 70 34 55 |

del

| | | | |
|---|---|---|---|
| del qual si se substrae el semidiametro del Sol | 0° | 16′ | 01″ |
| quedarà el angulo en *Chichichòco* (P) comprehendido entre la Señal de *Guayama* (R) y el centro del Sol | 70 | 18 | 54 |
| La declinacion del Sol à aquella hora era de | 2 | 24 | 34 |
| La Latitud de *Chichichòco* (P) Austral de | 1. | 22. | 04 |
| luego complemento del Azimuth del Sol à la misma hora | 87 | 36 | 12 |
| de quien si se substrae el angulo | 70 | 18 | 54 |
| quedarà desde *Chichichòco* (P) *Guayàma* (R) del Sur al Este | 17 | 17 | 18 |

5. El dia 20 de Octubre de 1738 al tiempo de ponerse el Sol, observaron desde la Señal de *Ilmàl* (S), el angulo aparente comprehendido entre el limboSeptentrionàl de aquel Astro, y una punta de Piedra, proxima à la

| | | | |
|---|---|---|---|
| Señal de *Guayàma* (R) de | 72 | 01 | 34 |
| à cuyo tiempo tenìa de verdadera altura el centro del Sol | 00 | 41 | 00 |
| y la punta de Piedra | 1 | 22 | 35 |
| Este angulo reducido à horizontàl es de | 72 | 02 | 12 |

La Observacion se hizo sobre la punta de Piedra, porque las Señales de la Meridiana estaban cubiertas de nieblas; de las quales haviendose descubierto la de *Mulmúl* (Q) observaron el angulo entre esta Señal, y la punta

| | | | |
|---|---|---|---|
| de Piedra de | 27 | 05 | 27 |
| que reducido à horizontàl es de | 27 | 04 | 16 |
| al que añadiendo el antecedente | 72 | 02 | 12 |
| se tendrà el angulo horizontàl entre el limbo Septent. del Sol, y la Señal de *Mulmùl* (Q) de | 99 | 06 | 28 |
| Semidiametro del Sol aditivo | | 16 | 07 |

An-

Angulo horizontàl en *Ilmàl* (S) entre el centro del Sol, y *Mulmùl* 99° 22′ 35″

La Declinacion del Sol à la hora de la observacion era de 10 31 59

La Latitud de *Ilmàl* (S) Austral 1. 39. 17.

luego complemento del Azimuth del Sol à la misma hora 100 31 06

de quien si se substrae el angulo horizontál 99 22 35

quedará desde *Ilmàl*(S) *Mulmùl* (Q) del N. al O. 1 08 31

6. El dia 21 de Octubre al tiempo de ponerse el Sol, observaron desde el mismo parage, el angulo aparente comprehendido entre el limbo Septentrionál de aquel Astro, y la propia punta de Piedra de 72 23 47

à cuyo tiempo tenìa de verdadera altura el centro del Sol 00 41 00

Este angulo reducido à horizontal es de 72 24 25

al que añadiendo el horizontàl entre la punta de Piedra, y la Señal de *Mulmùl* (Q) 27 04 16

se tendrà el angulo horizontàl entre el limbo Septentr. del Sol, y la Señal de *Mulmùl*(Q) de 99 28 41

Semidiametro del Sol aditivo 16 07

Angulo horizontàl en *Ilmàl* (S) entre el centro del Sol, y *Mulmùl* (Q) 99 44 48

La Declinacion del Sol à la hora de la observacion era de 10 53 40

luego complemento del Azimuth del Sol à la misma hora 100 52 48

de quien si se substrae el angulo horizontàl 99 44 48

quedarà desde *Ilmàl*(S)*Mulmùl*(Q) del N. al O. 1 08 00

Con estas 6 inclinaciones *Don Antonio de Ulloa* concluye asi todas las demàs.

1. Des-

1. Deſde *Oyambaro* (A) *Pambamarca* (C) inclinado del Norte al Eſte 44° 09′ 59″

Angulo horizontàl en *Oyambaro* entre *Pambamarca* (C) y *Tanlagua* (D) 74 14 02

Deſde *Oyambàro* (A) *Tanlagua* (D) del Norte al Oeſte 30 04 03

Ang.hor.en *Tan.*(D) ent.*Pamb.*(C)y *Oyam.*(A) 35 56 24

*Pichinc.*(*b*) 89 16 31

ſu diferencia es el angulo horizontàl en *Tanlàgua* (D) entre *Oyambàro*(A) y *Pinchinca* (*b*) 53 20 07

de quien ſubſtrayendo la inclinacion anteced. 30 04 03

quedarà deſde *Tanlàgua* (D) *Pichincha* (*b*) del Sur al Oeſte 23 16 04

2. Deſde *Oyambàro* (A) *Pambamàrca* (C) inclinado del Norte al Eſte 44 10 49

Eſta obſervacion ſe diferencia de la primera en 50

luego quedarà por èſta deſde *Tanlàgua*(D) *Pichincha* (*b*) del Sur al Oeſte 23 16 54

3. Deſde *Oyambàro* (A) *Tanlàgua* (D) inclinado del Norte al Oeſte 30 03 05

Angulo horizontàl en *Tanlàgua* (D) entre *Oyambàro* (A) y *Pichincha* (*b*) 53 20 07

luego deſde *Tanl.*(D) *Pich.*(*b*)del Sur al Oeſte 23 17 02

Tomando un medio entre eſtas tres reſultas de la direccion de *Pichincha* (*b*) viſto de *Tanlàgua* (D) *Don Antonio de Ulloa* la eſtablece de 23° 16′ 40″

Deſpues de eſto añadiendo, ò ſubſtrayendo los angulos horizontàles, que antes ſe dieron, como expliquè en el Capitulo V. de la Seccion antecedente, concluyò las demàs en eſta forma.

Queda

Queda deſde *Pich.*(*b*) el *Corazòn*(G) del S.al O. 14° 53′ 04″
*el Corazòn*(G) *Milin*(K) del S.al O. 10 26 53$\frac{1}{2}$
*Milìn* (K) *Chulàpu* (N) del S.al E. 12 27 31$\frac{1}{2}$
*Chulàpu* (N)*Chichic.*(P) del S. al O. 6 38 58
*Chichich.*(P)*Guay.*(R) del S.al O. 17 17 17

Eſta reſulta conviene muy bien con la obſervacion 4 que dà eſta direccion de 17 17 18

Queda deſde *Guayàma*(R) *Ilmàl*(S) del S. al E. 28 55 35
*Mulmul* (Q) *Ilmàl* (S) del Sur al E. 1 08 55

Eſta reſulta conviene aſsimiſmo con la obſervacion 5 que dà eſta direccion de 1 08 31
y con la 6 que la dà de 1 08 00
pues no hay en qualquiera de ellas 1 minuto de diferencia.

Queda deſde *Guay.*(R)*Siſa-Pòngo*(T)del S.al E. 42 40 58
*Siſa-Pòngo*(T)*Lanl.*(U)del S.al E. 00 17 14
*Lanlang.*(U)*Chuſaí*(Y) del S.al E. 14 28 31
*Chuſaì*(Y)*Sinaſag.*($\alpha$) del S. al E. 11 25 30
*Sinaſag.*($\alpha$)*Bueràn* ($\gamma$)del S.al E. 23 07 05
*Bueràn* ($\gamma$)*Suramp.*($\pi$) del S.al E. 19 53 00
*Sur.*($\pi$)*la Torre de C.*($\varepsilon$)del S.al O. 9 38 25
*la Torre* ($\varepsilon$) el Obſervatorio del Sur al Oſte 116$\frac{1}{2}$ toeſas 9 38 25

Para proſeguir con las direcciones de los lados, que quedan à la parte del Septentrion de *Pichincha* (*b*) ſe vale de eſte methodo.

Del angulo horizontàl en *Tanlágua* (D) entre *Pambamárca* (C) y *Pichincha* (*b*) 89 16 32
ſubſtrae el angulo horizontàl en *Tanlàg.* (D) entre *Pambamàrca* (C) y *Guàpulo* (E) 65 38 12
y queda el angulo horizont. en *Tanlàgua* (D) entre *Pichincha* (*b*) y *Guàpulo* (E) 23 38 20

| | | | |
|---|---|---|---|
| de quien ſubſtrayendo la direccion de *Pichincha* (*b*) eſtablecida | 23° | 16′ | 40″ |
| quedarà deſde *Tanlàgua* (D) *Guàpulo* (E) del Sur al Eſte | 00 | 21 | 39 |
| Del angulo horizontàl en *Guàpulo* (E) entre *Pambamàrca* (C) y *Campanàrio* (ζ) | 72 | 56 | 27 |
| ſubſtrae el angulo horizontàl en *Guàpulo* (E) entre *Pambamàrca* (C) y *Tanlàgua* (D) | 67 | 18 | 22 |
| y queda el angulo horizontàl en *Guàpulo* (E) entre *Tanlàgua* (D) y *Campanàrio* (ζ) | 05 | 38 | 05 |
| à quien añadiendo la direccion antecedente | 00 | 21 | 39 |
| queda deſde *Guàp.*(E)*Camp.*(ζ) del Norte al O. | 5 | 59 | 44 |
| *Camp.*(ζ) *Cuicòcha*(ψ) del N. al O. | 22 | 48 | 37 |
| *Cuicòcha* (ψ) la Señal de *Mìra*(ω) del Norte al Eſte | 54 | 12 | 17 |
| eſta Señal el Obſerv. del S. al O. | 82 | 15 | 13 |

## CAPITULO VI.

### *De la deduccion de las diſtancias entre los paralelos de las Señales, y ſu reduccion à la ſuperficie del Mar.*

HAviendoſe viſto en el Capitulo VI de la Seccion antecedente el methodo, y analogìa, con que ſe deben hallar las diſtancias entre los paralelos de las Señales, dadas ſus diſtancias horizontàles, y ſus inclinaciones reſpecto del Meridiano, no ſerà neceſſario dàr aquì mas que la reſulta, que tuvo *Don Antonio de Ulloa* de ſemejante calculo, que ſe reduce à la tabla ſiguiente: para la inteligencia de la qual es bien notar, que deſde el paralelo de *Cuicò-*

*cha*

*cha* (Ψ) al de la Señal de *Mìra* (ω) ſe hallan 12128. 372 toeſas, de cuya diſtancia ſe han ſubſtraìdo 170. 62, que eſta Señal ſe halla mas al Septentriòn, que el Obſervatorio de *Pueblo viejo*; y aſsimiſmo, que de la de *Surampàlte* (π) à *la Torre de Cuenca* (ε) ſe hallan 9736. 791 toeſas, à cuya diſtancia ſe han añadido 114. 853, que la *Torre* eſtà al Septentriòn del otro Obſervatorio.

| | |
|---|---|
| A demàs de eſto del paralelo de *Tanlàgua* (D) | |
| al de *Pichincha* (*b*) hay | 11646. 749 |
| y del de *Pichincha* (*b*) al del *Corazòn* (G) | 20365. 638 |
| luego deſde el de *Tanlàgua* (D) al del *Coraz.*(G) | 32012. 387 |
| Del de *Tanlag.*(D) al de *Guàpulo* (E) ſe hallan | 12737. 148 |
| luego deſde el de *Guapulo* (E) al del *Coraz.*(G) | 19275. 239 |

## Tabla de las diſtancias entre los paralelos de las Señales Occidentales de la Meridiana.

| | |
|---|---|
| Entre los de *Pueblo viejo*, y *Cuicòcha* (Ψ) | 11957. 752 |
| *Cuicòcha* (Ψ) y *Campanàrio* (ζ) | 21323. 270 |
| *Campanàrio* (ζ) y *Guápulo* (E) | 8655. 453 |
| *Guápulo* (E) y *el Corazòn* (G) | 19275. 239 |
| *el Corazòn* (G) y *Milìn* (K) | 18850. 289 |
| *Milìn* (K) y *Chulápu* (N) | 16370. 076 |
| *Chulápu* (N) y *Chichichòco* (P) | 13125. 317 |
| *Chichichòco* (P) y *Guayáma* (R) | 6454. 071 |
| *Guayáma* (R) y *Siſa-Pòngo* (T) | 12138. 182 |
| *Siſa-Pòngo* (T) y *Lanlangùſo* (U) | 13134. 390 |
| *Lanlangùſo* (U) y *Chuſaì* (Y) | 12514. 538 |
| *Chuſaì* (Y) y *Sinaſaguán* (α) | 13315. 348 |

| | | |
|---|---|---|
| Entre los de *Sinasaguán* (α) y *Buerán* (γ) | | 11659. 234 |
| | *Buerán* (γ) y *Surampálte* (π) | 7187. 278 |
| | *Suramp.* (π) y el Obſerv. de *Cuenca* | 9851. 644 |
| | Suma | 195817. 081 |

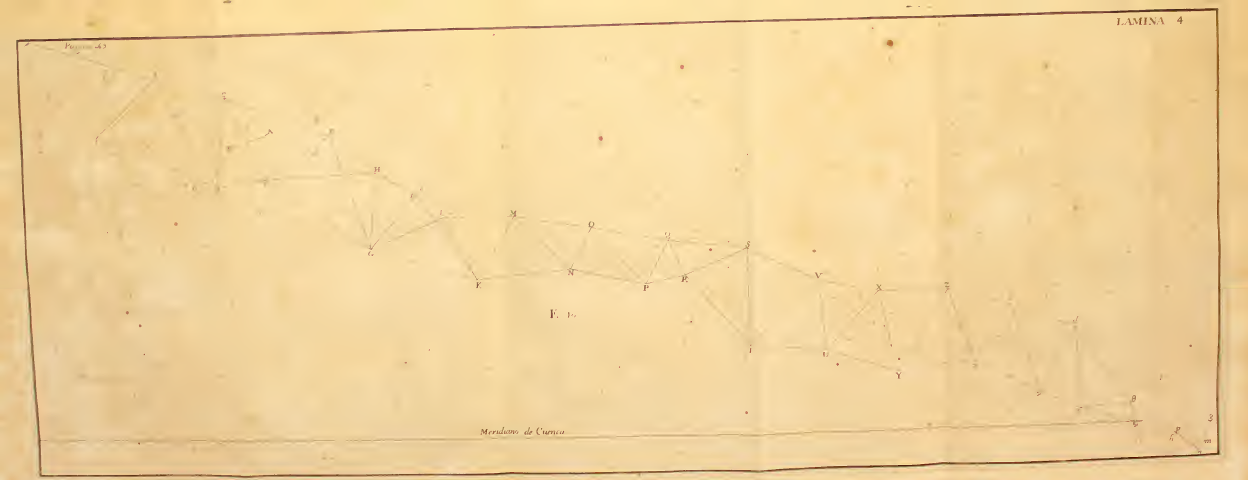
Eſta ſuma es la diſtancia entre los paralelos de los dos Obſervatorios de *Pueblo viejo*, y *Cuenca* à la altura del nivél de *Carabùru*, que ſupuſo *D. Antonio de Ulloa* eſtàr 1600 toeſas ſobre la ſuperficie del Mar. Eſta ſupoſicion ſe aleja algo de lo veridico, pero no pudo ſin embargo haver producido yerro de momento en el Capitulo IV donde ſe empleò, porque el exceſſo que en eſta altura huviere, equivale à la ſupoſicion de tomar de igual cantidad mayor el radio de la Tierra, en la qual 400, ò 500 toeſas mas, ò menos no produce yerro ſenſible, en la reduccion de los lados à horizontales; pero en el caſo preſente donde neceſsitamos reducir la ſuma concluìda al nivèl del Mar, es preciſo poner en ello mayor atencion.

Yà ſe viò en el Libro IV de las experiencias del Barometro, que la altura de *Carabùru* ſobre la ſuperſicie del Mar concluìda por la ley de la dilatacion del Ayre, es de 1155 toeſas; y por la progreſsion Arithmetica, que eſtablecì de 1283, cuyas determinaciones no ſe alejan mucho de la que diò por geometrìa *M. Bouguer* de 1214; por lo qual *Don Antonio de Ulloa* la ſupone de 1268, y reduce la ſuma dada al nivèl del Mar, diſminuyendola de lo que le correſponde por eſtas 1268 toeſas, cuya cantidad 76. 485 la halla con eſta analogìa; el radio de la Tierra 3269297 + 1268 es à la ſuma 195817. 081:

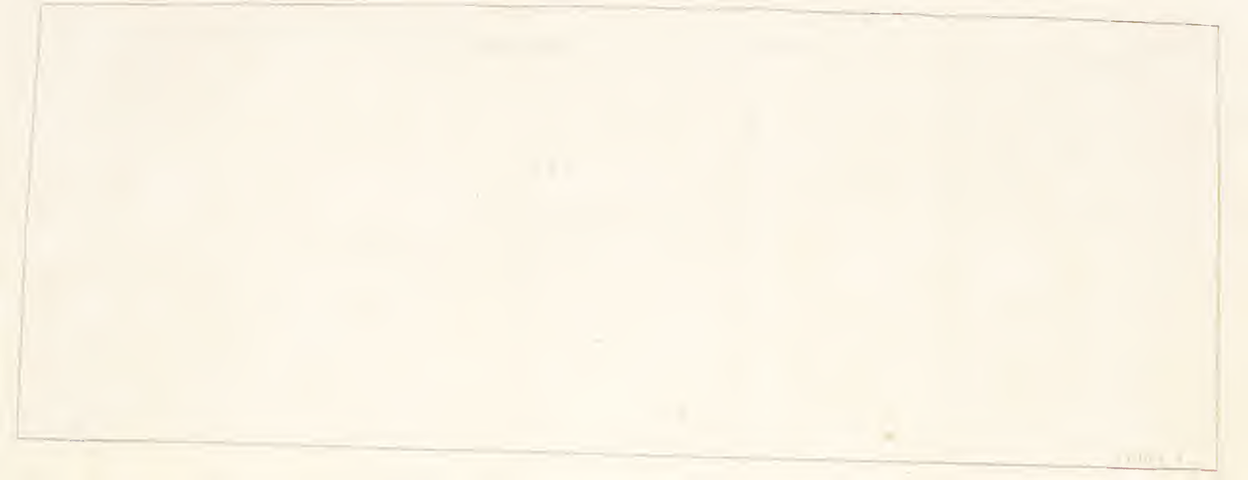
como las 1268, à 76. 485.

Si eſta cantidad 76. 485

ſe



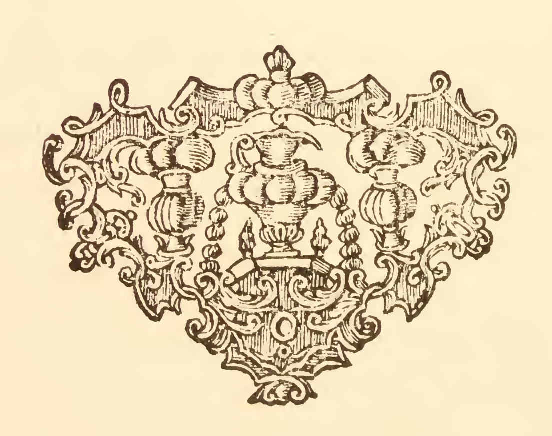
H
M
Q
G
K
N
P
R
S
V
X
Y
F. 16
Meridiano de Cuenca



ſe ſubſtrae de la ſuma 195817.081
quedarà la diſtancia entre los paralelos de los dos Obſervatorios reducida al nivèl del Mar 195747.596

Eſto es, en la ſupoſicion de tener la Baſe de *Yaruquì* 6274 toeſas juſtas; pero como diximos en el Capitulo I, que *M. Bouguer* la acortò 9 pulgadas, es neceſſario diſminuir la cantidad 195747.596, en la miſma razon en que eſtàn 6274 toeſas con 6274 to.— 9 pulgadas; y quedarà entonces por la verdadera diſtancia entre los paralelos de los Obſervatorios de *Cuenca*, y *Pueblo viejo* la de 195743.697; que no difiere de mi determinacion dada en la Seccion antecedente, mas que en 18.3 toeſas.

Sin embargo de ſer eſta cantidad ſumamente corta, podemos tomar un medio entre las dos determinaciones, y aſſentar, que del paralelo del Obſervatorio de *Cuenca* al de *Pueblo viejo* hay deſpues de hecha toda correccion, y reduccion 195734.547. toeſas del *piè de Rey del Chaſtelet de Parìs*.



SEC-

# SECCION III.

## Sobre la amplitud del arco comprehendido entre los dos Obſervatorios.

### CAPITULO I.

*Deſcripcion del Inſtrumento, que ſe ideò, propio para hacer las Obſervaciones Aſtronómicas, y uſo, que hicímos de èl.*

COnocida yà la diſtancia en toeſas entre los paralelos de los dos extremos de la Série de triangulos, ò el arco de Meridiano terreſtre, ſolo faltaba, para determinar el valor del grado, deducir la diferencia en Latitud entre dichos dos extremos, ò la amplitud del miſmo arco. Para practicar eſta operacion, llevaron los Académicos Franceſes el Inſtrumento de 12 pies de radio, con el qual ſe hicieron las Obſervaciones de la Obliquidad de la Ecliptica, que ſe vieron en el Libro primero, donde ſe diò tambien la deſcripcion del miſmo Inſtrumento; mas como ſe le conociò à èſte el defecto de mucha flexibilidad en la barra principal, como quedò advertido [a], ſe tuvo por conveniente, no hacer uſo de èl en eſtas Obſervaciones, que piden ſe emplée la mayor delicadeza; à cauſa, que ſegun el arco yà medido cinco ſegundos de yerro en ellas huvieran producido el de 22 toeſas en la medida del grado.

[a] pag. 4

Como eſte Inſtrumento era el unico, que ſe tenía, y que pudiera haver ſido empleado en las Obſervaciones de eſta eſpecie, haviendole abandonado por ſu defecto, fuè pre-

preciſo ideàr otro mas juſtificado. Dedicòſe à eſto *M. Godin*, y conſtruyò uno de 20 pies de radio, que ſe ſuſpendìa por una bola de cobre, que tenìa hecha firme mas arriba del centro, en la barra de hierro principal, que và haſta el limbo; y fuè del que nos ſervimos en *Cuenca* en las Obſervaciones, que hicimos *M. Godin*, *Don Antonio de Ulloa*, y yo à fines del año 1739; en las quales ſiempre encontrabamos diferencias conſiderables, cuyo origen no pudimos averiguar en mucho tiempo; ſin embargo algunas conſideraciones me hicieron notar en èl, que el movimiento que ſe le daba à el limbo, por medio de tornillos, con que eſtaba ſugeto por abaxo, no era igual, ò correſpondiente, al que la bola de ſuſpenſion hacìa, à cauſa de la gran longitud del Inſtrumento, que le hacìa flexible; y como ſu flexibilidad no era igual en todas las ocaſiones, que ſe movìa el Inſtrumento, ſe ſeguìa preciſa diferencia en èl; y por conſiguiente en las Obſervaciones, las quales nos fuè preciſo abandonar, igualmente que el Inſtrumento, y dedicarnos à ideàr otro, que las diera mas juſtificadas.

En efecto ſe conſiguiò deſpues de algunos dias; pero ſaliò tan adequado, exacto, firme, y facil ſu manejo, que nos hizo notar movimiento eſtraño en latitud en las Eſtrellas, de que nos ſervimos en las Obſervaciones, que fueron $\varepsilon$ de Oriòn, $\theta$ de Antinous, y $\alpha$ de Aquario; pues mientras eſta Eſtrella diſminuìa ſu Declinacion, $\varepsilon$ de Oriòn la aumentaba.

Dimos aviſo de eſte deſcubrimiento à *M. M. Bouguer*, y *la Condamine*, quienes, aunque dudaron de ello, queriendo atribuir algun defecto à nueſtro Inſtrumento, quedaron ſatisfechos por varias obſervaciones, que repitieron con

con anteojos fixados en la Pared, donde se notò sensiblemente el movimiento de ε de Oriòn.

Consistìa este Instrumento en una pieza de madera AB [a] de 20 pies de largo, con 6 pulgadas de gruesso, en donde se embutiò, y clavò la barra de hierro CD, por medio de los clavos E; con lo qual quedaba sin flexibilidad alguna, que era el defecto del segundo Instrumento.

a Fig. 1. Lam. 5.

En el extremo B de la pieza de madera havìa dos pedazos de la misma especie F, que la cruzaban, firmemente clavados; en donde se embutiò la barra de hierro GH, que llevaba clavado el limbo IK de cobre, despues de estàr clavada, y remachada en el extremo de la primer barra de hierro, de suerte que quedaba esta armazòn firme, y sólida.

De la barra de hierro CD se levantaban perpendicularmente las horquetas de hierro L; con las quales se mantenìa firme el anteojo MN de 20 pies de largo, montado con el Micrometro O.

En el extremo D de la barra de hierro estaba colocado el centro P, que era una plancha de cobre, de donde se levantaban perpendicularmente unas pinzas, y de ellas pendìa un aplomo de pita, cuyo peso Q era de 4 onzas; mas en la parte correspodiente al limbo, en lugar de ser el aplomo de pita, era de un hilo muy delgado de plata, cuyo Diametro era $\frac{3}{100}$ de linea, que batìa sobre el punto R, unica division hecha en el limbo, que tenía de gruesso dos Diametros del hilo de plata, ò $\frac{6}{100}$ de linea.

Para montar este Instrumento tan pesado, y manejarle con facilidad, se clavò una braza dentro de la tierra el Cilindro de madera S, quedandole fuera la longitud de dos pies; y sobre su cabeza estaba assentada, de suerte que pu-

pudiera dàr buelta al rededor, la tabla TU; y ſobre èſta la YX, que ſe movìa de adelante atràs, por medio de los tornillos Z. Ademàs de eſta havía la tabla α, ſobre la YX, que ſe movìa por medio del tornillo β de la derecha à la izquierda, todo con gran ſuavidad, y delicadeza.

Sobre la tabla α eſtaba medio embutido el quadrado de hierro γ; y en èl deſcanſaba en un pequeño hoyo el eſpigòn de hierro δ, que eſtaba clavado à la pieza de madera AB; y le ſervìa à èſta de Exe en ſu movimiento, teniendo ſu ſemejante en el otro extremo, que paſſaba por la hembra π; la que por medio de un gozne en φ eſtaba hecha firme al eſpigòn ψ; y èſte clavado en una viga, que atraveſſaba la caſa, de piè y medio de grueſſo.

Con ſolo lo dicho, y la figura del Inſtrumento me parece ſuficiente, para que conciba el inteligente ſu manejo. El limbo IK tenìa ſuficiente longitud, para comprehender entre los dos puntos R un angulo, formado en el centro P, duplo de la diſtancia de las Eſtrellas, de que nos ſerviamos al Zenith: de ſuerte, que eſtando el anteojo en medio del Inſtrumento, formaba con el aplomo un angulo, igual à la diſtancia de las Eſtrellas al Zenith: y batiendo el aplomo en el punto R, todas las tres Eſtrellas ε, θ, y α paſſaban dentro del anteojo; con lo qual pueſto el limbo del Inſtrumento exactamente ſegun el Meridiano, y tambien la tabla TU, tornandola lo neceſſario, ſe ſugetaba el Inſtrumento por medio de la tabla ζ, que eſtaba clavada à la pieza de madera AB, para que quedaſſe conſtante en eſta ſituacion: eſto es, en el Meridiano; y para que quedaſſe todo el cuerpo del Inſtrumento al miſmo tiempo en el propio plano del Meridiano, ſe hacìa caminar con los dos tornillos Z la tabla YX de Occidente

à Oriente, hasta que el aplomo rasasse el limbo IK, y la Estrella passasse por el hilo Verticàl del anteojo, quando se hallaba exactamente en el Meridiano; valiendose al mismo tiempo del tornillo β para hacer mover la tabla α Norte Sur (y por consiguiente el limbo del Instrumento) hasta que quedasse el punto R exactamente debaxo del aplomo; à cuyo tiempo se ponìa el hilo del Micrometro O sobre la Estrella.

El methodo con que inquirìmos el tiempo, en que la Estrella transitaba por el Meridiano, fuè tomando alturas correspondientes de la misma; en la propia conformidad, que se dixo en el Libro tercero [a] se hacìa con el Sol.

[a] pag. 67.

Para evitar el movimiento del peso Q, que era grande à causa de la longitud del aplomo, se sumergìa en un vaso de agua, la que le impedìa las oscilaciones, cerrando al mismo tiempo toda puerta, y ventana del quarto, para que no entrasse viento, y solo quedaba en el techo de la casa un agugero del gruesso del anteojo, por donde se dirigìa la visual de èste.

Despues de hechas varias observaciones, estando el limbo del Instrumento àcia el Oriente, se bolteaba por medio de la tabla TU, y el espigòn alto δ, de suerte, que quedasse al Occidente; y en este caso, si antes batìa el aplomo en el punto R de la izquierda, batìa ultimamente en el otro de la derecha, y se hacìan nuevas, è iguales observaciones.

La suma de las observaciones de un lado, y otro: esto es, la distancia de los dos puntos R, comprehendìa un angulo, como tengo dicho, duplo de la distancia de las Estrellas al Zenith; por lo que para saber esta distancia, era preciso inquirir el angulo, que los dos puntos R comprehendìan, respecto del centro P; lo qual no podìa concluirse

ſe de otra ſuerte, que midiendo los tres lados PR, PR, RR, cuya operacion es de lo mas dificultoſo de toda la obra, reſpecto que con poco yerro, ſe comete uno muy conſiderable en la determinacion del grado, y aſsì pedìa ſe empleaſſe notable ſutileza: pero es neceſſario advertir, que quanto mayor fueſſe el Inſtrumento, menos ſenſible ſe harìa el yerro.

El methodo que empleamos para medir los tres lados, fuè ſirviendonos de un hilo de plata, de media linea de grueſſo, y 21 pies de largo AB [a], en cuyos extremos tenìa paſſos de tornillo. En el ſuperior A ſe prendia por medio de los paſſos la tarraxa CD, que tenìa el eſpigòn E con roſca para madera, à fin de clavarle en la viga donde eſtaba el grande Inſtrumento; y en el inferior B ſe ſuſpendiò el peſo P de 24 libras, el qual mantuvo el hilo 8 dias, para que ſe eſtendieſſe todo lo poſsible. [a] Fig.2.

Eſtando el hilo en eſte eſtado, lo arrimabamos al grande Inſtrumento, y aſſentando la tarraxa en las dos puntas del Inſtrumento XI, quedaba el extremo ſuperior del hilo tocando debaxo de las Pinzas, que havian ſervido de centro; y batiendo al miſmo tiempo en el punto R del limbo del Inſtrumento, que eſtaba teñido de negro, ſe eſtampò en el hilo, con lo que quedò transferida la primera diſtancia PR del Inſtrumento, haviendo hecho igual operacion para transferir la ſegunda; y ſin quitar el hilo de plata de la ſuſpenſion, y tenſion en que ſe hallaba, ſe tomò con un Compàs de vara la diſtancia RR, y ſe le ſeñalò igualmente al hilo.

Yà transferidas las tres diſtancias PR, PR, RR al hilo de plata, ſe quitò de la ſuſpenſion en que ſe hallaba, y ſe tendiò horizontalmente ſobre un plano unido, con

igual fuerza à la de gravedad de 24 libras de peſo, que mantenìa; y haviendo conſervado el Compàs de vara en la miſma abertura RR, ſe fuè transfiriendo ſu diſtancia catorce veces, deſde los puntos marcados en el hilo (correſpondientes à los R del Inſtrumento) àcia el extremo A del miſmo, en donde ſobrò ademàs una diſtancia entre quarto, y quinto de RR.

Para ſaber ſu exacta proporcion, teniamos un Micrometro, adaptado al Compàs de vara, con el qual examinò *Don Antonio de Ulloa* las partes de èſte, que comprehendìa la diſtancia RR, y aſsimiſmo, la que havìa ſobrado al extremo del hilo. Eſte methodo es muy juſtificado, y el que ſe practìca por lo ordinario; pero yo temiendome, que los paſſos del Micrometro pudieran no ſer iguales; y al miſmo tiempo queriendo, que eſte examen ſe hicieſſe por varias vias, concluì la razon de la diſtancia RR à la parte que havìa ſobrado en el extremo del hilo de plata, por medio de un pitipiè muy exacto, que tenìa ſobre una plancha de latòn.

La razon pues, ſegun mi computo, en que ſe hallaban los tres lados del Inſtrumento en las obſervaciones hechas en el Obſervatorio de *Cuenca*, es

El mayor lado PR = 92398
menor 92344
RR = 4581

con los quales ſe hallarà, que el angulo comprehendido entre los dos puntos R del Inſtrumento, formado en el centro P era 2° 50′ 29″ 44‴.

La

La razon de los miſmos tres lados en las obſervaciones de *Mira*, ò *Pueblo viejo* la hallè

El mayor lado PR = 92796
menor 92240
RR = 6522

con los quales ſe hallarà el angulo comprehendido entre los puntos R de $4^{\circ}\ 01'\ 30''\ 38'''$.

*Don Antonio de Ulloa* hallò eſtas miſmas razones por el Micrometro en eſta forma:

En *Cuenca*

El mayor lado PR = 361344
menor 361147
RR = 17912

que dàn el angulo comprehendido entre los puntos R de $2^{\circ}\ 50'\ 27''\ 59\frac{1}{2}'''$

En *Mira*

El mayor lado PR = $785312\frac{1}{2}$
menor $780633\frac{1}{2}$
RR = 55195

que dàn el angulo comprehendido entre los puntos R de $4^{\circ}\ 01'\ 31''\ 13'''$.

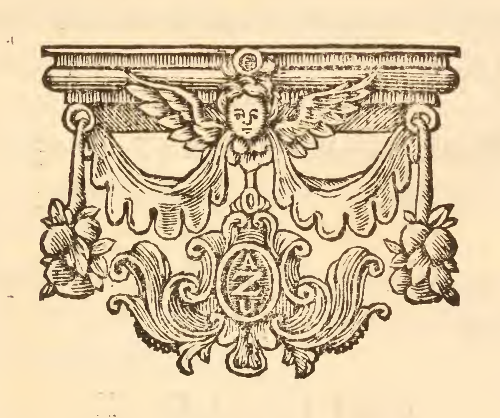
## CAPITULO II.

### *De las Obſervaciones hechas en el Obſervatorio de* Cuenca.

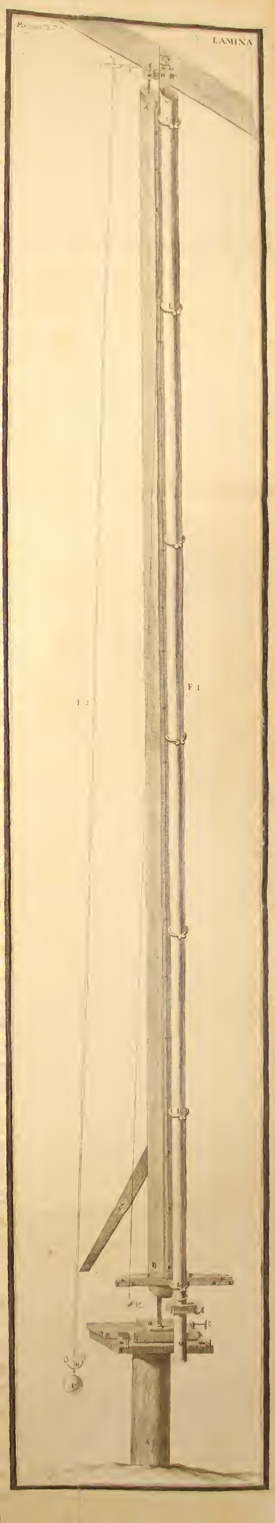
DIſpueſto el Inſtrumento en la conformidad, que ſe dixo en el Capitulo antecedente, ſe dirigiò el anteojo à las Eſtrellas $\epsilon$ de Oriòn, $\theta$ de Antinous, y $\alpha$ de Aquario; pero como èſtas no tienen una miſma declina-

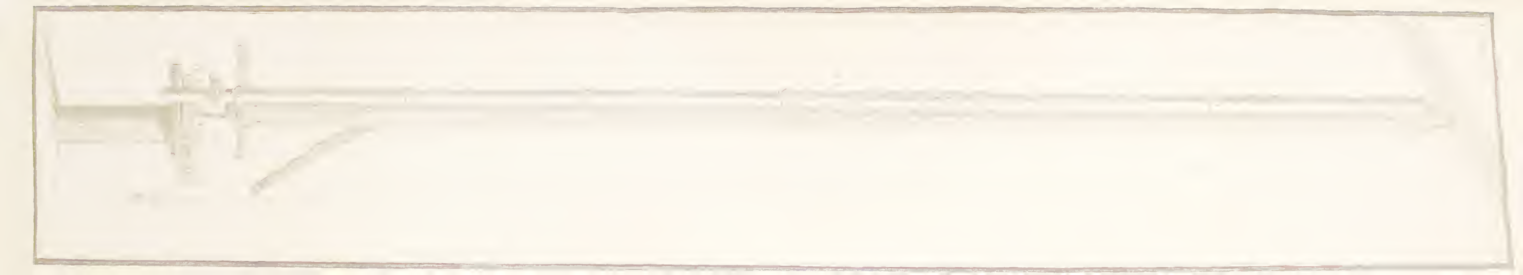
cion,

cion, para que todas tres paſſaſſen por dentro del anteojo, batiendo el aplomo PQ ſobre el proprio punto R, ſe diſpuſo, que ε de Oriòn, que tiene menos declinaciòn Meridionàl, paſſaſſe con corta diferencia tan diſtante de centro del anteojo por la parte del Norte, como las otras por la del Sur, cuyas diſtancias mediamos en las Obſervaciones, por medio del Micrometro, en quien 1000 partes eran iguales à 4′ 34″ 32‴, lo que haviamos concluìdo por repetidos examenes. Las Obſervaciones de eſtas miſmas diſtancias como las hallamos *M. Godin*, *Don Antonio de Ulloa*, y yo, que las practicamos en *Cuenca* el año 1740, ſe vèn en tabla ſiguiente.



Ta-


LAMINA
F 1
F 2



# Tabla de las Obſervaciones hechas en *Cuenca.*

Diſtancias de las Eſtrellas del centro del anteojo.

| 1740 | | ε de Orìon | θ de Antinous | α de Aquario |
|---|---|---|---|---|
| | | El limbo del Inſtrumento al Oriente. | | |
| Agoſto | 19 | . . . | 4′ 15″ 36‴ | . . . |
| | 20 | 6′ 19″ 09‴ | . . . | 4′ 32″ 54‴ |
| | 23 | . . . | 4 16 58½ | . . . |
| | 25 | . . . | . . . | 4 30 58½ |
| | 26 | 6 20 15 | 4 15 19½ | 4 31 15 |
| | 27 | . . . | 4 17 15 | . . . |
| | 30 | . . . | 4 17 48 | 4 31 31½ |
| Septiembre | 1 | . . . | 4 16 09 | . . . |
| | 2 | 6 15 59½ | 4 21 22 | 4 22 11½ |
| | 3 | 6 18 52½ | . . . | . . . |
| | | El limbo del Inſtrumento al Occidente. | | |
| | 3 | . . . | . . . | 6 12 33½ |
| | 4 | 4 24 56 | 6 10 05½ | . . . |
| | 5 | . . . | 6 12 50½ | . . . |
| | 8 | 4 28 14 | . . . | . . . |
| | 11 | . . . | . . . | 6 09 15½ |
| | 13 | . . . | . . . | 6 04 03 |
| | 15 | 4 30 58½ | . . . | . . . |
| | 16 | . . . | 6 13 56½ | 6 06 47½ |
| | | El limbo de nuevo al Oriente. | | |
| | 18 | . . . | 4 17 31½ | . . . |
| | 21 | . . . | 4 18 54 | 4 15 52½ |
| | 22 | 6 14 12⅔ | 4 17 48 | . . . |
| | 23 | 6 16 57½ | . . . | 4 16 42 |
| | 24 | 6 15 35 | . . . | 4 16 42 |
| | 25 | . . . | . . . | 4 18 37½ |

En estas Observaciones se debe notar ante todas cosas, que en el intermedio que se hicieron, las Estrellas tuvieron movimiento en declinacion; porque $\varepsilon$ de Oriòn distaba del centro del anteojo el dia 20 de Agosto $6' \ 19'' \ 09'''$, quando el dia 22 de Septiembre solo distaba $6' \ 14'' \ 12\frac{2}{3}'''$; y $\alpha$ de Aquario distaba tambien el dia 20 de Agosto $4' \ 32'' \ 54'''$, quando el dia 21 de Septiembre solo distaba $4' \ 15'' \ 52\frac{1}{2}'''$; sin embargo parece, que $\theta$ de Antinous estaba estacionaria; porque la corta diferencia entre sus Observaciones, mas se puede atribuir à la que precisamente deben ocasionar los Observadores, que à movimiento de la Estrella.

a pag. 6. Yà diximos en el Libro primero [a] como *M. Bradley* nos diò la cèlebre Theorica de la Aberracion de la Luz, con la qual pretende salvar los movimientos en latitud, declinacion, &c. que en las Estrellas han notado varios Astrónomos. A estos pues pudieramos atribuir el de nuestras Estrellas, si no vieramos la poca similitud, que hay entre unos, y otros.

Segun *M. Bradley* $\varepsilon$ de Oriòn debe parecer mas al Septentriòn el dia 22 de Septiembre, que el 20 de Agosto; pero por nuestras Observaciones, esta Estrella distaba menos del centro del anteojo en Septiembre, que en Agosto, estando à la parte del Septentriòn del anteojo; luego estaba menos al Septentriòn en aquel mes, que en èste. $\alpha$ de Aquario es cierto, que tuvo su movimiento conforme à la Theorica de *M. Bradley*; pero con mas fuerza, que lo que debìa ser; porque segun las Observaciones, tuvo desde 20 de Agosto hasta 21 de Septiembre $17''$ de movimiento en declinacion; quando segun *M. Bradley* de la ninguna à la mayor Aberracion de esta Estrella, no hay diferencia mas que $8\frac{1}{4}''$.

Ademas de esto se puede notar en las Observaciones de ι, que esta Estrella, desde 4 de Septiembre hasta 15, tuvo su movimiento conforme con la Theorica de *M. Bradley*, que pide se acerque al Polo Septentrionàl, movimiento totalmente opuesto, al que le notamos antecedentemente desde 20 de Agosto hasta 22 de Septiembre; pero es cierto, que segun la Theorica, no debìa tener en los 11 dias de intervalo tanto movimiento; no obstante, como siempre se les deslicen algunos segundos à los Observadores, no solo se puede decir, que en este tiempo se conformaba su movimiento con la Theorica, sino que pudo proceder el todo, del error, que inexcusablemente deben cometer los Observadores.

Este hecho se vè claramente cumplido en las Observaciones de θ de Antinous; pues de la del dia 1 à 2 de Septiembre se encuentran mas de $5''$ de diferencia; lo que hace advertir, que no todas las Observaciones han de ser admitidas; debemos pues excluir, las que prudentemente nos parecieren defectuosas; pero si bien se reflexiona, no hallarémos esta circunstancia, mas que en las tres del dia 2 de Septiembre; y asi, consideradas como eximidas de la tabla, nos valdrèmos de todas las demàs, para concluir la distancia de las tres Estrellas al Zenith de *Cuenca*, sin hacer atencion à la Aberracion, pues yà hemos visto, que no tiene ninguna semejanza con lo observado.

Para esto tomaré un medio arithmetico entre las Observaciones, que es el unico modo de aproximarse mas à la verdad.

El medio entre las Observaciones de ε de Oriòn estando el limbo del Instrumento al Oriente es de $00^\circ\ 06'\ 17''\ 31'''$

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| y el de aquellas en que eſtuvo el limbo al Occidente | 00° | 04′ | 28″ | 03‴ |
| El angulo que ſe formò en el centro del Inſtrumento ſegun mis medidas es de | 2 | 50 | 29 | 44 |
| Suma de las cantidades | 3 | 01 | 15 | 18 |
| ſu mitad es la diſtancia de ε à el Zenith de *Cuenca* | 1 | 30 | 37 | 39 |

El medio entre las Obſervaciones de θ de Antinous

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| eſtando el limbo del Inſtrumento al Oriente es de | 00 | 04 | 17 | 02 |
| y el de aquellas en que eſtuvo el limbo al Occidente | 00 | 06 | 12 | 17½ |
| Suma | 00 | 10 | 29 | 19½ |
| La qual quitada del angulo en el centro del Inſtrumento | 2 | 50 | 29 | 44 |
| quedan | 2 | 40 | 00 | 24½ |
| cuya mitad es la diſtancia de θ à el Zenith de *Cuenca* | 1 | 20 | 00 | 12¼ |

El medio entre las Obſervaciones de α de Aquario eſ-

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| tando el limbo del Inſtr. al Oriente es de | 00 | 04 | 24 | 19 |
| y el de aquellas en que eſtuvo el limbo al Occidente | 00 | 06 | 08 | 09½ |
| Suma | 00 | 10 | 32 | 28½ |
| La qual quitada del angulo en el centro del Inſtrumentro | 2 | 50 | 29 | 44 |
| quedan | 2 | 39 | 57 | 15½ |
| cuya mitad es la diſtancia de α à el Zenith de *Cuenca* | 1 | 19 | 58 | 37¾ |

El angulo que ſe formò en el centro del Inſtrumento, ſegun el examen de *Don Antonio de Ulloa*, es menor que el que yo hallè de 1″ 44½‴; luego de la mitad de eſta canti-

dad

dad $52\frac{1}{4}'''$ deben diſtar menos las Eſtrellas del Zenith ſegun *Don Antonio de Ulloa* ; diſtaràn

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| pues ε de Oriòn | 1° | 30′ | 36″ | $46\frac{3}{4}'''$ |
| θ de Antinous | 1 | 19 | 59 | 20 |
| α de Aquario | 1 | 19 | 57 | $45\frac{1}{2}$ |

Si ſe ſupone ahora , que ε padeciò 45‴ de refraccion, y las otras dos Eſtrellas 40‴ ; ſus diſtancias del Zenith ſeràn

| | Segun mis medias | | | | Segun las de *D. Ant. Ulloa* | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ε de Oriòn | 1° | 30′ | 38″ | 24‴ | 1° | 30′ | 37″ | $31\frac{3}{4}'''$ |
| θ de Antinous | 1 | 20 | 00 | $52\frac{1}{4}$ | 1 | 20 | 00 | 00 |
| α de Aquario | 1 | 19 | 59 | $17\frac{3}{4}$ | 1 | 19 | 58 | $25\frac{1}{2}$ |

## CAPITULO III.

### *De las Obſervaciones hechas en el Obſervatorio de* Pueblo viejo.

LAs Obſervaciones hechas yà al un extremo de la Meridiana, pedían transferirſe inmediatamente al otro, para hacer las que nos faltaban; pero como el Virrey de Lima hallò neceſſario emplearnos à *Don Antonio de Ulloa* , y à mi en otras comiſsiones del Real ſervicio , mas urgentes, no pudímos emprehender las Obſervaciones de *Pueblo viejo* haſta el año de 1744 , que eſtuvímos de regreſſo de *Chile* , donde fuímos embiados ; en cuyo intermedio , ſin embargo que *M. Godin* havia finalizado las Obſervaciones correſpondientes en 1741 , quedò el Inſtrumento montado haſta que noſotros uſamos de èl.

Eſtaba diſpueſto ſegun queda referido en los Capitulos primero , y ſegundo de eſta Seccion , y operamos de la miſ-

miſma forma, que en *Cuenca*. Las Obſervaciones, ſegun las hallamos, ſon las que ſe ſiguen en eſta tabla.

# Tabla de las Obſervaciones hechas en *Pueblo viejo*.

Diſtancias de las Eſtrellas del centro del anteojo:

El limbo del Inſtrumento al Oriente.

| 1744 | | ε de Oriòn | θ de Antinous | α de Aquario |
|---|---|---|---|---|
| Abril | 2 | * 2′ 57″ 05‴ | | |
| | 5 | * 2 52 $24\frac{1}{2}$ | | |
| | 6 | 2 49 24 | | |
| | 7 | 2 48 $51\frac{1}{2}$ | | |
| | 13 | 2 45 $49\frac{1}{3}$ | | |
| | 14 | 2 46 $55\frac{1}{3}$ | | |
| | 16 | 2 48 $18\frac{1}{2}$ | | |
| | 20 | 2 49 41 | | |
| | | El limbo del Inſtrumento al Occidente: | | |
| | 22 | 6 52 $55\frac{1}{2}$ | | |
| Mayo | 1 | * 6 48 $16\frac{1}{2}$ | | |
| | 6 | . . . | 3′ 30″ $35\frac{1}{2}$‴ | 2′ 59″ 17‴ |
| | 15 | 6 56 46 | * 3 17 41 | 2 59 34 |
| | 16 | . . . | 3 25 $54\frac{2}{3}$ | 2 57 55 |
| | | El limbo del Inſtrumento al Oriente. | | |
| | 18 | . . . | 7 36 02 | 7 10 $30\frac{1}{2}$ |
| | 21 | 2 42 $15\frac{1}{2}$ | 7 38 48 | 7 05 $01\frac{1}{2}$ |

Las Obſervaciones notadas con eſta ſeñal * las tuvimos ſiempre por defectuoſas, y aſsi ſe deben ſuponer como excluídas de la tabla.

En

En estas Observaciones se pueden hacer los mismos reparos, que se hicieron en las de *Cuenca*; y como concluìmos en aquellas con tomar un medio arithmetico entre todas, para deducir la distancia de las tres Estrellas al Zenith, harémos lo propio en èstas.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| El medio entre las Observaciones de ε de Oriòn estando el limbo del Instrumento la primera vez al Oriente es de | 00° | 02′ | 48″ | 10‴ |
| La ultima Observacion el limbo tambien al Oriente es de | 00 | 02 | 42 | $15\frac{1}{2}$ |
| Medio entre estas dos cantidades | 00 | 02 | 45 | $12\frac{3}{4}$ |
| Medio entre las Observaciones estando el limbo al Occidente | 00 | 06 | 54 | 36 |
| Suma de las dos ultimas cantidades | 00 | 09 | 39 | $48\frac{3}{4}$ |
| la qual quitada del angulo en el centro del Instrumento | 4 | 01 | 30 | 38 |
| quedan | 3 | 51 | 50 | $49\frac{1}{4}$ |
| cuya mitad es la distancia de ε à el Zenith de *Pueblo viejo* | 1 | 55 | 55 | $24\frac{5}{8}$ |
| El medio entre las Observaciones de θ de Antinous estando el limbo del Inst. al Oriente es de | 00 | 03 | 38 | 15 |
| y el de aquellas en que estuvo el limbo al Occidente | 00 | 07 | 37 | 25 |
| Suma | 00 | 11 | 15 | 40 |
| añadida à el ang. en el centro del Instrum. | 4 | 01 | 30 | 38 |
| hacen | 4 | 12 | 46 | 18 |
| cuya mitad es la distancia de θ à el Zenith de *Pueblo viejo* | 2 | 06 | 23 | 09 |
| El medio entre las Observaciones de α de Aquario estando el limbo del Instrumento al Oriente es de | 00 | 02 | 58 | 55 |

y

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| y el de aquellas en que eſtuvo el limbo al Occidente | 00° | 07′ | 07″ | 46‴ |
| Suma | 00 | 10 | 06 | 41 |
| añadida à el ang. en el centro del Inſtrum. | 4 | 01 | 30 | 38 |
| hacen | 4 | 11 | 37 | 19 |
| cuya mitad es la diſtancia de *α* à el Zenith de *Pueblo viejo* | 2 | 05 | 48 | 39½ |

El angulo que ſe formò en el centro del Inſtrumento, ſegun el examen de *Don Antonio de Ulloa*, es mayor que el que yo hallè de 35‴; luego de la mitad de eſta cantidad 17½‴ deben diſtàr mas las Eſtrellas del Zenith ſegun *Don Antonio de Ulloa*; diſtaràn pues

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| *ε* de Oriòn | 1° | 55′ | 55″ | 42⅛‴ |
| *θ* de Antinous | 2 | 06 | 23 | 26½ |
| *α* de Aquario | 2 | 05 | 48 | 57 |

Si ſe ſupone ahora, que *ε* padeciò 58‴ de refraccion, y la otras dos Eſtrellas 62‴; ſus diſtancias del Zenith ſeràn

| | Segun mis medidas | | | | Segun las de *Don Antonio de Ulloa* | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *ε* de Oriòn | 1° | 55′ | 56″ | 22⅝‴ | 1° | 55′ | 56″ | 54⅛‴ |
| *θ* de Antinous | 2 | 06 | 24 | 11 | 2 | 09 | 24 | 28½ |
| *α* de Aquario | 2 | 05 | 49 | 41½ | 2 | 05 | 49 | 59 |

CA-

## CAPITULO IV.

### *Determinacion de la amplitud del arco comprehendido entre los dos Obſervatorios.*

PAra deducir la amplitud del arco, comprehendido entre los dos Obſervatorios, no fuera neceſſario ahora mas, que ſumar la diſtancia de cada Eſtrella del Zenith de *Mìra*, con ſu correſpondiente del Zenith de *Cuenca*, ſi las Eſtrellas en el intervalo de tiempo, en que ſe hicieron las Obſervaciones en ambos Obſervatorios, no huvieran tenido movimiento, que alteraſſe ſus declinaciones, como el que continuamente tienen en longitud; pero haviendo èſte diſminuìdo la declinacion de las Eſtrellas, es preciſo à la ſuma, que arriba dixe, añadirle la mutacion en declinacion, que tuvieron, para concluir la amplitud del arco.

Varios Cathalogos nos dàn eſta mutacion en Declinacion; pero como las mas veces no ſean de la exactitud neceſſaria, ſerà bueno, que para eſte caſo tan delicado, nos tomemos el trabaxo de calcularla. El methodo regular, es el deducir la declinacion de las Eſtrellas, para los dos tiempos en que ſe hicieron las Obſervaciones, por el Problema, que de ordinario ſe halla en los principios de Eſphera, por el qual dada la latitud, y longitud ſe concluye la declinacion; pero mas exacta, y facilmente ſe reſolverà por el ſiguiente.

Sea en la Ortographica proyeccion de la Eſphera ſobre el plano del Coluro de los Solſticios AGHFA [a]

[a] Fig. 13. Lam. 6.

EQ La Equinoccial

BD

BD Su Exe

FG La Ecliptica

AH Su Exe

✳ La Eſtrella, de quien ſe pretende inquirir ſu mutacion en declinacion. Y ſean ademàs

CA $=r$ El Radio

HI $=a$ El Seno de la mayor obliquidad de la Ecliptica

CI $=b$ ſu Seno 2.

✳K $=c$ Seno de la latitud de la Eſtrella

MP $=e$ ſu Seno 2.

CL $=u$ Seno de la diſtancia de la miſma Eſtrella del punto Equinoccial mas cercano

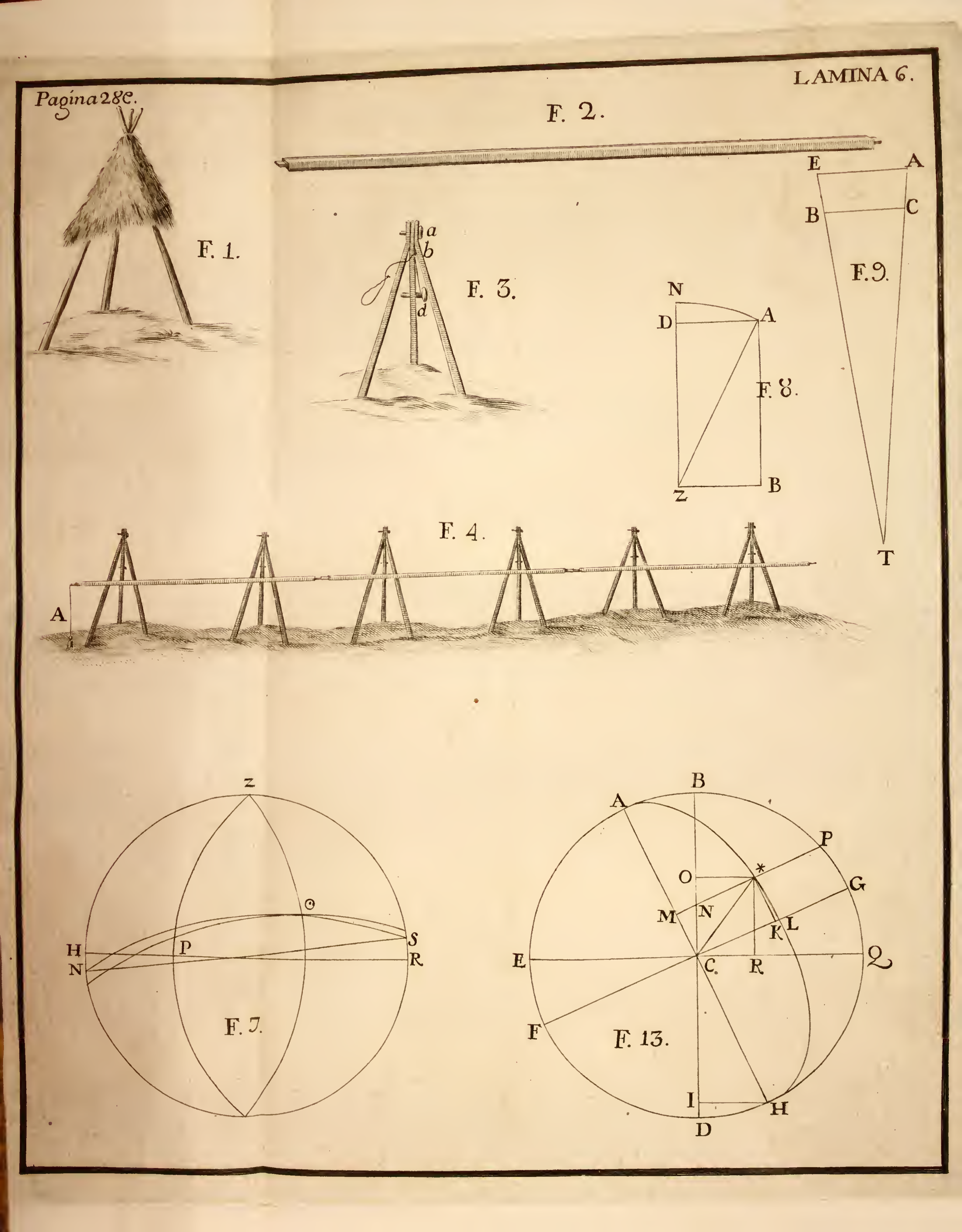
$z$ ſu Seno 2.

✳R $=x$ Seno de la Declinacion

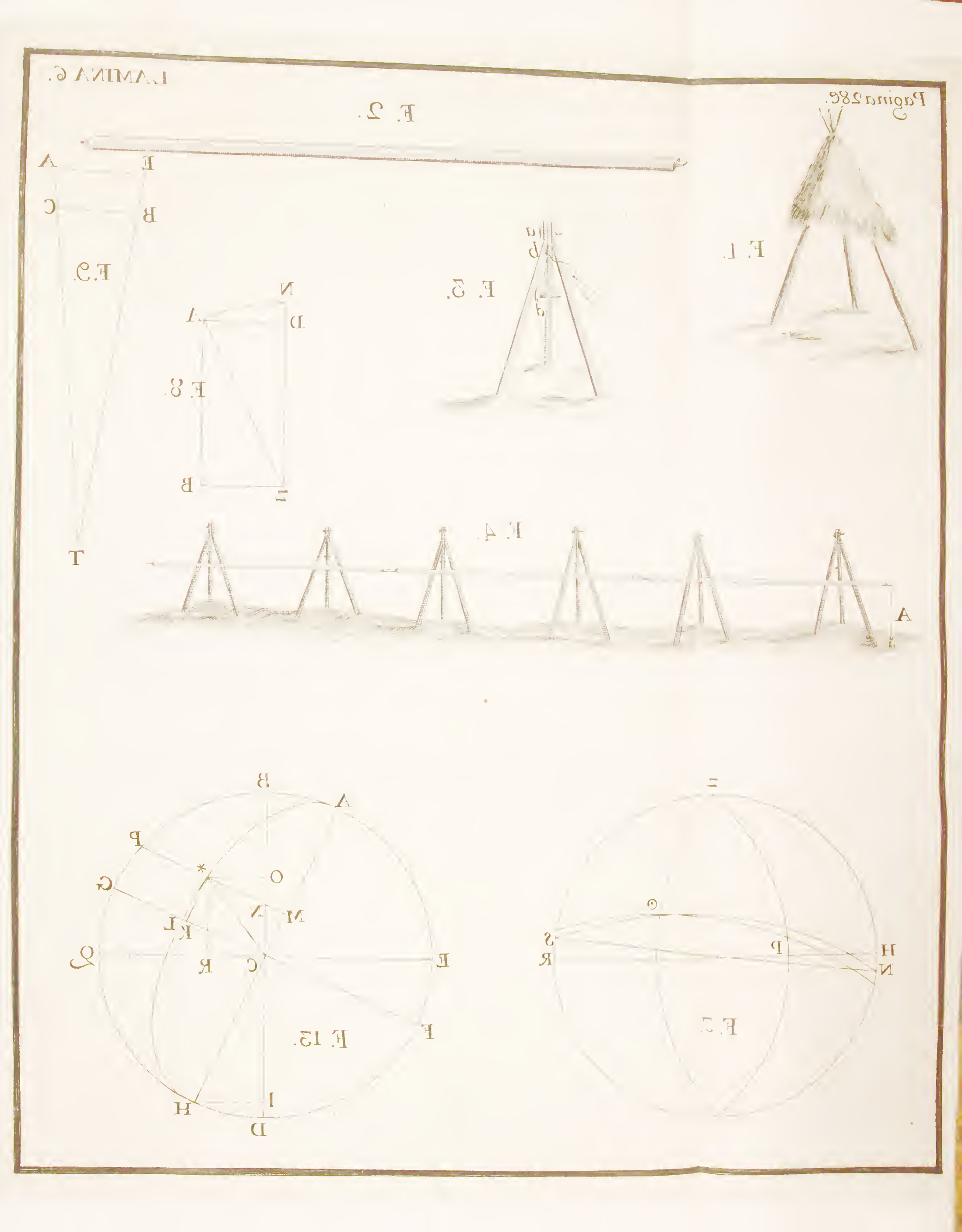
$y$ ſu Seno 2.

CR $=t$.

La propiedad de la proyeccion del circulo A✳LH nos dà eſta analogìa $r : e = u : M✳ = \frac{eu}{r}$; y los triangulos rectangulos CR✳, CM✳ eſta equacion $\frac{e^2u^2}{r^2} + c^2 = x^2 + t^2$; de donde quitarémos la $t$ por medio de los triangulos ſemejantes CIH, CMN, ✳ON; en los quales tenemos $b : r = c : CN = \frac{rc}{b}$; y tambien $b : a = t : ON = \frac{at}{b}$; por lo qual $\frac{rc}{b} + \frac{at}{b} = CO = x$; de donde ſe deduce $t = \frac{bx \mp rc}{a}$; cuyo valor poniendolo en la equacion de arriba, tendrèmos $\frac{e^2u^2}{r^2} + c^2 = x^2 + \frac{\overline{bx \mp rc}^2}{a^2}$; que-



Pagina 28C.
LAMINA 6.
F. 1.
F. 2.
F. 3.
a
b
d
E
A
B
C
F. 9.
T
N
D
A
F. 8.
Z
B
F. 4.
A
Z
☉
H
P
S
N
R
F. 7.
B
A
P
O
*
G
M
N
K
L
E
C
R
Q
F
F. 13.
I
H
D


LAMINA 6.
Pagina 286.
F. 1.
F. 2.
F. 3.
F. 4.
F. 8.
F. 9.
F. 13.

que se reduce à $r^4 x^2 \mp 2r^3 bcx = a^2 e^2 u^2 - r^2 b^2 c^2$. Suponiendo ahora en esta equacion la declinacion, y la longitud de la Estrella variables, y las demàs cantidades constantes; tomando su diferencia, tendrémos $r^4 x dx \mp r^3 bc dx = a^2 e^2 u du$. Si suponémos despues de esto, que la mutacion en longitud de Estrella es $dL$, y aquella en declinacion $dD$; para introducirlas en la equacion, en lugar de las diferencias de los Senos, tenémos estas igualaciones $du = \frac{z dL}{r}$, y $dx = \frac{y dD}{r}$; con que la equacion se reducirà à $r^4 xy dD \mp r^3 bcy dD = a^2 e^2 uz dL$; de donde se concluye $dD = \frac{a^2 e^2 uz}{r^3 y (rx \mp bc)} dL$; que es la formula para hallar la mutacion en declinacion de las Estrellas; en la qual el Signo — sirve para las Estrellas que tienen su latitud, y declinacion de la misma denominacion, y el Signo + para las que la tienen distinta.

Segun esta formula necessitamos de la latitud, longitud, y declinacion de las Estrellas, para hallar la mutacion, que deseamos. Por el Cathalogo de *M. Flamsteed* son para fines de Agosto de 1740.

| | Latitud | | | Longitud | | | Declinacion | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| De ε de Oriòn | 24° | 33′ | 23″M. | 79° | 49′ | 58″ | 1° | 24′ | 37″M |
| θ de Antinous | 18 | 45 | 33 S. | 301 | 18 | 14 | 1 | 33 | 42 |
| α de Aquario | 10 | 40 | 38 | 329 | 45 | 00 | 1 | 33 | 39 |

La mutacion en Longitud, que es un termino constante para todas, fuè en el intervalo de 3 años 8 meses, que

ſe paſſaron entre las Obſervaciones, de 3′ 04″.[a] Ahora pues, ſi todos eſtos valores ſe introducen en la formula, ſe hallaràn las mutaciones en Declinacion como ſe ſigue.

| | | | |
|---|---|---|---|
| De ε de Oriòn | 00′ | 11″ | 46‴. |
| θ de Antinous | 00 | 36 | 24 |
| α de Aquario | 01 | 01 | 57 |

Eſto concluìdo, para obtener la amplitud del arco, no hay mas, que ſumar eſtas mutaciones en Declinacion de cada Eſtrella con ſus diſtancias al Zenith de los dos Obſervatorios, y tendrémos

Por ε de Oriòn

| | Segun mis medidas | | | | Segun las de *Don Antonio de Ulloa* | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Diſt. al Zenith de *Cuenca* | 1° | 30 | 38 | 24 | 1 | 30 | 37 | $31\frac{3}{4}$‴ |
| *Pueblo viejo* | 1 | 55 | 56 | $22\frac{5}{8}$ | 1 | 55 | 56 | $44\frac{1}{8}$ |
| Mutacion en Declinac. | | | 11 | 46 | | | 11 | 46 |
| Amplitud del arco | 3 | 26 | 46 | $32\frac{5}{8}$ | 3 | 26 | 46 | $01\frac{7}{8}$ |

Por θ de Antinous

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Diſt. al Zenith de *Cuenca* | 1 | 20 | 00 | $52\frac{1}{4}$ | 1 | 20 | 00 | 00 |
| *Pueblo viejo* | 2 | 06 | 24 | 11 | 2 | 06 | 24 | $28\frac{1}{2}$ |
| Mutacion en Declinac. | | | 36 | 24 | | | 36 | 24 |
| Amplitud del arco | 3 | 27 | 01 | $27\frac{1}{4}$ | 3 | 27 | 00 | $52\frac{1}{2}$ |

Por

[a] Segun las ultimas Obſervaciones hechas en *Parìs*, que quiſo tomarſe el trabajo, y hacerme el favor de comunicarme *M. de la Condamine*, parece, que eſta cantidad debe ſer mayor de 8″, por pretenderſe que la mutacion en Longitud no ſea ſiempre conſtante: aunque ello ſea aſsi, induce muy poco en el calculo nueſtro, y ſe puede proſeguir ſin aumentar la cantidad 3′ 4″ de los 8″: pues eſtos no alteraràn ſenſiblemente la mutacion en Declinacion de las Eſtrellas.

Por $\alpha$ de Aquario

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Diſt. al Zenith de *Cuenca* | 1° | 19′ | 59″ | 17¾‴ | 1° | 19′ | 58″ | 25½‴ |
| *Pueblo viejo* | 2 | 05 | 49 | 41½ | 2 | 05 | 49 | 59 |
| Mutacion en Declinac. | | 1 | 01 | 57 | | 1 | 01 | 57 |
| Amplitud del arco | 3 | 26 | 50 | 56¼ | 3 | 26 | 50 | 21½ |

Tomando un medio entre las tres determinaciones, tendrémos la amplitud del arco de 3° 26′ 53″ 3° 26 52½.

Yà que hemos corregido las Obſervaciones, que han de determinar la amplitud del arco, por lo que toca al movimiento en Longitud de las Eſtrellas, podemos tambien hacerlo por motivo del movimiento eſtraño, que ſe ha notado en las Eſtrellas, y que *M. Bradley* atribuye à la Aberracion de la Luz, tomando ſu Theorica como exacta; porque aunque hayamos viſto en el Capitulo tercero, que no conviene muy bien con lo obſervado; ſin embargo, allì pudieron los errores de los Obſervadores, confundir la diferencia de las Aberraciones, por ſer èſta muy corta; lo que no ſucederà en el caſo preſente, que ſe trata de la diferencia de las Aberraciones, que padecieron las Eſtrellas, en los tiempos que obſervamos en *Cuenca*, y *Pueblo-viejo.*

La inteligencia de eſta Theorica, y el methodo de calcular la Aberracion, tanto en Latitud, como en Longitud, Declinacion, y Aſcenſion recta, ſegun dixe en el Libro primero, ſe vèn muy bien explicadas en las *Memorias de la Academia de las Ciencias de Parìs* del año 1737 por *M. Clairaut.* Segun la formula, que eſte Geometra dà para hallar la Aberracion en Declinacion, concluì las ſiguientes.

# Aberraciones en Declinacion, que padecìan ε de Oriòn, θ de Antinous, y α de Aquario, al tiempo que ſe obſervaron en *Cuenca*, y *Pueblo viejo*.

En *Cuenca* à fines de Agoſto de 1740 las Eſtrellas ſe veìan mas al Septentriòn, que ſu lugar verdadero de . . .

| | | |
|---|---|---|
| 7″ | 57½‴ | ε |
| 8 | 17 | θ |
| 7 | 56 | α |

En *Pueblo viejo* à fines de Abril de 1744 las Eſtrellas ſe veìan mas al Mediodia, que ſu lugar verdadero de . . .

| | | |
|---|---|---|
| 6 | 21½ | ε |
| 5 | 19 | θ |
| 5 | 49 | α |

En *Cuenca* las Eſtrellas parecieron mas al Septentriòn, que ſu verdadero lugar; luego ſus diſtancias al Zenith obſervadas ſon mayores, que las verdaderas en la cantidad de la Aberracion.

En *Pueblo viejo* parecieron mas al Mediodia; luego tambien ſus diſtancias al Zenith obſervadas ſon mayores, que las verdaderas en la cantidad de la Aberracion. Es pues preciſo ſubſtraer las dos Aberraciones de la Amplitud del arco arriba determinado, para obtener el corregido, por lo que toca à eſta Hypotheſis, y quedarà entonces

| | Segun mis medidas | | | | Segun las de *Don Antonio de Ulloa* | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| por ε | 3° | 26 | 32 | 13⅝ | 3° | 26 | 31 | 42⅞ |
| por θ | 3 | 26 | 47 | 51¼ | 3 | 26 | 47 | 16½ |
| por α | 3 | 26 | 37 | 11¼ | 3 | 26 | 36 | 36½ |
| Medio entre los tres | 3 | 26 | 39 | 05 | 3 | 26 | 38 | 32 |

Para

Para que no nos falte en este particular circunstancia en que no se haya puesto la atencion, harémos reparo, y entrarémos en el calculo de la mutacion en Declinacion, que puede proceder de la alteracion de la Obliquidad de la Ecliptica, de que yà se tratò latamente en el Libro primero.

Para esto recogerémos la Equacion de la pagina 289 $r^4x^2 \mp 2r^3bcx = a^2e^2u^2 - r^2b^2c^2$: y suponiendo que $x$, $a$, y $b$ son variables, mientras las otras cantidades son constantes, tomarémos la diferencia, y resultarà . . . $r^4xdx \mp r^3bcdx \mp r^3cxdb = ae^2u^2da - r^2bcdb$; pero . . . $b : a = da : -db = \frac{ada}{b}$; con que poniendo este valor de $db$ en la Equacion, quedarà en . . . . . . . . $r^4xdx \mp r^3bcdx \pm \frac{r^3acxda}{b} = ae^2u^2da + r^2c^2ada$. Suponiendo ahora, que la mutacion de la Obliquidad de la Ecliptica sea $dO$, y la de la Declinacion de la Estrella $dD$; para introducir estas cantidades en la Equacion tendrémos como antes $dx = \frac{ydD}{r}$ y $da = \frac{bdO}{r}$; con que la Equacion se reducirà à . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . $r^4xydD \mp r^3bcydD \pm r^3acxdO = ae^2u^2bdO + r^2ac^2bdO$; de donde se deduce $dD = \frac{be^2u^2 + r^2bc^2 \mp r^3cx}{r^3y8rx \mp bc} adO$: que es la formula para hallar la mutacion en Declinacion, que debe proceder de la alteracion de la Obliquidad de la Ecliptica.

Si se supone ahora, que esta alteracion haya sido en el intervalo de los 3 años 8 meses, que se passaron entre las Ob-

Obſervaciones, de 8″; las mutaciones en Declinacion de las Eſtrellas nacidas de eſta cauſa ſeràn por la formula.

$$\text{de} \begin{Bmatrix} 7'' & 54''' \\ 6 & 57 \\ 4 & 13 \end{Bmatrix} \text{por} \begin{Bmatrix} \varepsilon \\ \theta \\ \alpha \end{Bmatrix}$$

La primer Eſtrella, en la ſupoſicion de aumentar la Obliquidad de la Ecliptica, diſminuyò ſu Declinacion, y las otras la aumentaron; por lo qual, para corregir la amplitud del arco, comprehendido entre los dos Obſervatorios, ſe ſumarà la primera cantidad, y ſe reſtaràn las otras dos; y ſegun eſto, el primer arco concluìdo, ſin hacer atencion à la Aberracion, ſerà

| | | Por mis medidas | Por las de *Don Antonio de Ulloa* |
|---|---|---|---|
| Segun | ε | $3^\circ\ 26'\ 54''\ 26\frac{5}{8}'''$ | $3^\circ\ 26'\ 53''\ 55\frac{7}{8}'''$ |
| | θ | $3\ \ 26\ \ 54\ \ 30\frac{1}{4}$ | $3\ \ 26\ \ 53\ \ 55\frac{1}{2}$ |
| | α | $3\ \ 26\ \ 46\ \ 43\frac{1}{4}$ | $3\ \ 26\ \ 46\ \ 08\frac{1}{2}$ |
| medio entre los tres | | 3 26 51 53 | 3 26 51 20 |

Y el miſmo arco, comprehendiendo la correccion de la Aberracion, ſerà

| | | Por mis medidas | Por las de *Don Antonio de Ulloa* |
|---|---|---|---|
| Segun | ε | $3^\circ\ 26'\ 40''\ 07\frac{5}{8}'''$ | $3^\circ\ 26'\ 39''\ 36\frac{7}{8}'''$ |
| | θ | $3\ \ 26\ \ 40\ \ 54\frac{1}{4}$ | $3\ \ 26\ \ 40\ \ 19\frac{1}{2}$ |
| | α | $3\ \ 26\ \ 32\ \ 58\frac{1}{4}$ | $3\ \ 26\ \ 32\ \ 23\frac{1}{2}$ |
| medio entre los tres | | 3 26 38 00 | 3 26 37 27 |

Yà nos hallamos aquì con quatro determinaciones de la amplitud del arco, de las quales es preciſo eſcoger una.

Para

Para esto hemos de atender, que la primera, y tercera convienen à poco mas de un segundo de diferencia, que es cosa despreciable; por lo qual, y resultar la tercera de la mutacion de la Obliquidad de la Ecliptica, quedamos assegurados, que la misma resulta tendrémos, haciendo, ò no atencion à esta mutacion. Solo pues nos altera el calculo la Aberracion; sobre la qual ocurre decir, que aunque varios Astrónomos la han confirmado por sus Observaciones, no parece que generalmente hablando de todas las Estrellas, està muy assegurado de ella el mismo *M. Bradley*; y en efecto nuestras Observaciones hechas en *Cuenca* la hacen dudar mucho.

Esto supuesto, el arco, à quien nos debemos atener, es el de la primera resolucion, que hallamos segun mis medidas de 3° 26′ 53″, y segun las de *D. Antonio de Ulloa* de 3° 26′ 52½″; y si entre estos dos se toma un medio, quedarà de 3 26 52¾.

## CAPITULO V.

### *Determinacion del valor del grado de Meridiano contiguo à el Equador.*

DEterminada la distancia en toesas del paralelo del Observatorio de *Cuenca* al de *Pueblo viejo*, y tambien la amplitud del arco comprehendido entre los mismos, no hay mas que partir la primera cantidad por la segunda, para venir en conocimiento del valor del grado de Meridiano contiguo à el Equador; hagase pues la operacion, y se hallarà este grado de 56767.788 toesas del piè de Rey del *Chastelet de Parìs*.

Si

Si ſe quiſiere comparàr eſte grado con otro, es neceſſario atender al grado de Frio, ò Calor, ſobre el qual eſtà fundada la medida; teniendo preſente, que èſta (ſegun diximos en el Capitulo tercero de la Seccion primera de eſte Libro) eſtà eſtablecida ſobre el grado 23 del Thermometro de *M. de Reaumur.*

No ſe imagine ahora, ſin embargo de todas las precauciones que ſe han notado, que eſte grado eſtè concluìdo à la toeſa juſta, como algunos Authores quieren mantener los que han dado, pues muy apartado de creer yo eſto, digo: que no es muy dificil cometer en las Obſervaciones Aſtronómicas el yerro de 6, ù 8 ſegundos; parte por el que preciſamente debe proceder de la operacion del Obſervador, y la mayor cantidad de la rectificacion del Inſtrumento; no obſtante, tampoco me perſuadirè, à que vaya mucho mas lexos, viſtas las operaciones, y ſutileza, que ſe ha practicado. Tambien dirè, que en la medida geometrica no ſe puede cometer yerro de momento, aſſegurados de la Baſe fundamental, porque las demàs operaciones ſon muy juſtificadas para que le produzcan.

Eſto ſupueſto, de haver algun yerro en el grado debe recaer todo ſobre las Obſervaciones Aſtronómicas; y como èſte diſminuya deſpues en la determinacion del grado à proporcion que la medida geometrica es mayor, ſe ſigue; que de los grados determinados con igual juſtificacion, aquèl tendrà menor yerro, cuya medida geometrica, por medio de la qual ſe concluyò, haya ſido mayor.

Eſtablecida la magnitud del grado en toeſas del *piè de Rey de Parìs*, ſerà bien, que la arreglemos à Varas Caſtellanas, à fin de que ſean igualmente participes de eſta de-

determinacion de grado aquellos, que carecieren del piè. Para esto nos valdrèmos de la razon, que dimos en la pagina 101 de dicho piè à la Vara; la qual siendo como 144 à 371, las 56767.788 toesas, que se asignaron al grado de Meridiano contiguo à el Equador, equivaldràn à 132203 Varas Castellanas, que son las que comprehenderà el mismo grado.

Esta es la determinacion que parece solicitaban muchos de nuestros antiguos Escritores Españoles, para saber las Leguas, que comprehendìa un grado terrestre de circulo maximo; à falta de lo qual, y de algunas medidas poco exactas, se puede discurrir, que le atribuyeron 17 Leguas y media Españolas de largo; pues segun ellos el numero de Leguas (las quales suponen de 5000 Varas cada una) que comprehende un grado, està sujeto à la mayor, ò menor cantidad de estas Varas, que tuviere de largo el dicho grado; muy al contrario de lo que pretenden algunos modernos, que hacen sin fundamento alguno el grado de 17 Leguas y media Españolas, y èstas mayores, ò menores, segun fuere mas, ò menos estendido el grado. Lo cierto es, que la Legua Española no debe ser de 5000 Varas, ò el grado contiene mas de 17 y media de estas mismas Leguas; pues partiendo las 132203 Varas, que arriba hallamos contener el grado, por $17\frac{1}{2}$, viene al quociente $7554\frac{1}{2}$, que fuera el valor de la Legua, suponiendo contener el grado 17 y media; ò al contrario, partiendo las mismas 132203 Varas por 5000, viene al quociente $26\frac{22}{50}$, ò 26 y media, que fuera el numero de Leguas Españolas, que debe contener el grado, suponiendo cada una de 5000 Varas.

Para aclarar esta diferencia debemos averiguar, si la

Legua es una medida conſtante, è invariable, y en tal caſo vèr quantas de ellas entran en el grado, ſin dexarnos llevar ciegamente, como los mas Authores lo han hecho en eſto; ò bien al contrario, ſaber de cierto, ſi debe contener el grado las 17 Leguas y media Eſpañolas, como ſe cree comunmente, y en eſte ultimo caſo inquirir la magnitud de la Legua; pues ambas coſas ſe pueden deducir, como lo hemos hecho arriba, dada la magnitud del grado.

Entre varios Authores, que he procurado examinar ſobre eſte aſſumpto, el que ſe explica con mas claridad, es *Andrès Garcia de Ceſpedes* en ſu Hydrographía, que eſcriviò de Orden del Rey en 1606; pues en el Capitulo 21 dice: *Porque los grados de longitud que ay de unas partes à otras, algunas veces, quando no ſe hallava otro mejor medio, ſe regulavan por las leguas que ſe hallavan de la una parte à la otra, tomando por cada grado 17 leguas y media, como comunmente ſe toman en Eſpaña: y porque eſta ſuma de leguas aun no eſtà bien averiguada, he querido poner el modo como eſto ſe podrà averiguar.* Para la inteligencia de eſto, que dice *Ceſpedes*, es meneſter eſtàr, en que los grados, que ſe caminan en el Mar Norte Sur, ſe determinan juſtamente por las Obſervaciones de Latitud; pero los de Longitud, no ſe conocen por otro medio, que por la eſtimativa, ò juicio prudente de las Varas, que ſe andan, atendiendo, à que cada grado debe comprehender cierto numero de Varas, ò Leguas; y por eſto dice, que los grados de Longitud ſe regulaban por las Leguas, que ſe hallaban de una parte à otra. Segun eſto pues, dà como coſa aſſentada *Ceſpedes*, que la Legua es una cierta magnitud determinada, è independiente del grado, pues que ſegun ella ſe regulaban los grados; y no como pienſan

ſan algunos, una parte de las 17 y media en que ſe puede dividir el grado, cuyo parecer lo comprueba aùn con mas eficacia, quando dice (hablando de que el grado contenga, ſegun la comun opinon, 17 Leguas y media) *y porque eſta ſuma de leguas, aun no eſtà bien averiguada, he querido poner el modo como eſto ſe podrà averiguar.*

Además de eſto, queriendo exponer el miſmo Author eſte modo, trae el que usò *Eratoſthenes*, y el que propone *Chriſtoforo Clavio*; en los que encuentra muchas dificultades, que le parecìan dificiles de allanar por falta de conocimiento de los Inſtrumentos, y methodos de que oy nos ſervimos; y proſigue, para probar que haſta entonces no ſe podìa ſaber quantas Leguas contenìa el grado. *Pues dado caſo que eſtos modos fueſſen faciles, y ciertos en la practica, ninguno pone que lo aya obſervado: y quando la opinion de* Eratoſthenes *fueſſe verdad, y que èl lo huvieſſe obſervado, y hallaſſe que à cada grado de la tierra le correſpondìan* 700 *Eſtadios, ay en eſto algo en que dudar, porque no tenemos cierta noticia què tan grandes fueſſen eſtos Eſtadios, ſegun la medida de que aora ſe uſa, como ſon pies Caſtellanos de los que la vara Caſtellana tiene tres pies: y lo miſmo es de otra qualquiera medida que ſe uſa en otras partes: y aſsì no ſe pueden reducir eſtos Eſtadios à las medidas de leguas, ò millas, ò pies, ò paſſos de que aora uſamos: de donde ha venido de dàr mas, y menos leguas al grado de la tierra, porque algunos dàn* 15 *leguas Eſpañolas, otros* 16, *y lo mas comun* 17 *y media, y otros* 18, *y otros mas. Eſtas diferencias provienen de dos cauſas: la una es (como avemos dicho) por no ſaber los Eſtadios que contiene una legua. La otra es, que unos hacen las leguas mayores que otros: pero comunmente en* Eſpaña *ſe tiene por lo mas cierto que reſponden à cada grado de la*

*tierra 17 leguas y media ; aunque de esto no se halla observacion mas de la comun opinion. La legua Española, à lo menos la que se practica en toda* Castilla, *tiene* 15000 *pies*, *de los que tres hacen una vara Castellana, como consta por las medidas que se han hecho, para averiguar las jurisdiciones de las Audiencias Reales, como se ha medido de* Madrid *hasta* Alcalà de Henares, *por saber si estava dentro de las cinco leguas que tienen jurisdicion los alguaziles, para hacer sus execuciones, y visitas. Lo mismo se ha medido de* Valladolid *à* Tordesillas, *y la una, y la otra villa estàn fuera de las cinco leguas, segun que cada legua tiene* 15000 *pies de los que avemos dicho.*

Aquì se vè claramente de nuevo, como se dudaba de la magnitud del grado, en tiempo que escriviò *Cespedes*; y que el hacerle de 17 Leguas y media Españolas no era mas de comun opinion, que se llevaba ciegamente, pues dice, que de esto no se hallaba observacion. Tambien se vè, que la Legua Española es una medida determinada, como la Milla, piè, y passo de los que se usan comunmente; haviendo de constar de 15000 pies, ò 5000 Varas. De esta magnitud la hace asimismo el *Bachiller Juan Perez de Moya* en su *Tratado de Geometría Practica, y Speculativa*, que escriviò el año 1573, donde dice (Lib. 2 de Geometría Cap. 3 pag. 97) *Legua Española es cinco mil varas, que hacen quince mil pies*; y asi no queda duda en que la vulgar opinion, que mantiene contener el grado 17 Leguas y media Españolas, debe ser despreciada; y que para averiguar, las que justamente encierra, debemos dàr por principio sentado, que la Legua Española consta de 5000 Varas.

Dos objecciones, solas se pueden hacer à esto; la prime-

mera, que hay diſtintas Leguas Eſpañolas, y que la que citan *Ceſpedes*, y *Moya* no es de las que ſe contienen 17 y media en grado; y la otra, que es muy dable, que no haya tal Legua Eſpañola, que contenga las 5000 Varas. A lo primero ſe reſponde, que deſde luego ſe confieſſa que hay diſtintas Leguas Eſpañolas, como la de *Cataluña, Valencia, Caſtilla*, &c; pero que ſin embargo, la Legua, que debaxo de titulo de Eſpañola debemos entender, hablando ſin diſtincion, es la de *Caſtilla*; aſsi como haviendo diſtintas Lenguas Eſpañolas, como la Valenciana, Baſcongada, Caſtellana, y otras, con todo eſſo la Caſtellana es la que, generalmente hablando, ſe toma por la Eſpañola. A lo ſegundo, aunque fuera ſuficiente la autoridad de los dos Authores citados, pues ſon de los mas cèlebres, que eſcrivieron en aquellos tiempos, traerèmos las de nueſtras leyes de Caſtilla; entre las quales en la 3 tit. 16 part. 2 hablando de la Corte, y que en ſus inmediaciones ninguno mate, ò hiera à otro, ſe dice: *Otro ſi mandaron, que ſi un ome honrrado mataſſe à otro à tres Migeros de derredor del lugar do el Rey fueſſe, que es una legua, que murieſſe por ello.* En la 25 tit. 26 part. 2. hablandoſe del modo de repartir los deſpojos havidos en la Guerra, y determinandoſe, que eſto no ſea ſolo entre los que vàn los primeros en una entrada, sì tambien con los que vienen deſpues, ſe dice, que en eſtos ſe haya de entender lo ſiguiente: *E por ende puſieron aſsì, que los que ante fueſſen alcanzando, tornaſſen la cabeza empos de sì tres vegadas; è quantos vieſſen, que venìan cerca à ellos quanto faſta una Legua, que ſon tres mil paſſos, que eſtos ovieſſen parte de la ganancia llegando, y con ellos, luego que el fecho fueſſe acabado.* De eſta ley, y de la antecedente ſe ſigue, que el Migero, que es lo miſ-

miſmo que Milla conſta de 1000 paſſos. En la ley 4 tit. 13 part. 1 hablando de los Cementerios, que debe haver en las Igleſias; y eſtableciendo que eſtos los deſtine el Obiſpo en las Cathedrales, y Conventos de 40 paſſadas, y en las Parroquiales de 30, concluye: *E porque algunos dudaban en como ſe deben medir los paſſos para amojonar el Cementerio, departelo la Santa Igleſia en eſta manera; que la paſſada aya cinco pies de ome meſurado, è en el piè quinze dedos de traviesſo.* Con que ſegun eſto, la Legua conſta de tres Migeros, ò tres mil paſſos, cada paſſo de cinco pies, y cada piè de quince dedos; y aſsi con razon dixo *Ceſpedes*, que la Legua Eſpañola debe conſtar de 15000 pies. Ahora que el piè ſea la tercia de la Vara, ſe debe creer aſsì; lo primero, porque previene la ley, que ſea de un *ome meſurado*, y ſerà raro el hombre, que tenga el piè mas largo que una tercia; y lo ſegundo, porque el comun eſtilo, y practica de *Madrid* oy dia es de contarſe la tercia de la Vara por piè. No obſtante no dexarèmos de advertir que *Don Antonio de Gaſtañeta* en ſus *Proporciones de las medidas de Navìos*, que diò de orden del Rey, dice en la pag. 14, que el *Codo real* ſe compone *de dos tercias de la Vara de* Caſtilla *medida de* Avila, *y una de las treinta y dos partes de las dos tercias mas*: eſto es, de $\frac{33}{48}$ de la Vara; y en la pag. 27 buelta, hablando de la Quilla del Navìo, *ſe formarà de 4 piezas, y de 8 pies de largo ſus juntas, que ſon 4 Codos*: Luego ſegun eſte Author el piè es la mitad del *Codo*, ò $\frac{33}{96}$ de la Vara, y mayor que la tercia de $\frac{1}{96}$ de Vara; pero haviendoſe dicho, que el uſo, y practica de *Madrid* es de tomar la tercia de la Vara por el piè, lo qual ſiguen caſi todos los Authores, tanto antiguos, como modernos, debemos prudentemente creer, que *Don Antonio de Gaſtañeta* ſe equivicò en hacer el piè la mi-

mitad del *Codo*. Muy al contrario, pudiera diſcurrirſe menor; pues ſiendo el comun eſtilo dividir la Vara en 48 dedos, à la tercia le correſponden 16, y la ley no manda, que tenga el piè mas de 15; pero en eſto ſe puede creer ſin duda, que los dedos de que habla la ley no ſon los miſmos, que aquellos de los quales 48 componen la Vara; pues ſiendo tambien comun eſtilo entre los Jueces hacer la Legua legal de 5000 Varas, ſe ſiguiera preciſamente contradicion, ſi el piè no fuera el tercio de la Vara.

No ponen duda algunos Authores modernos en que ſea eſta, Legua Eſpañola; pero añaden otras dos, que llaman *comun*, y *geographica*; pero eſtas hay apariencia de que ſean impueſtas por ellos miſmos. Porque què quieren eſtos Authores, que entendámos por *Legua comun*? alguna, que ſe imaginan ſe uſa en todo el Reyno, ò el pedazo de tierra, que los Arrieros, ò gente poco verſada en medidas toma por Legua? Si es lo primero, ſe niega que haya tal *Legua comun*; y ſi lo ſegundo, muy lexos de ſer *comun*, ſerà *variable*; porque en cada territorio toman por Legua, diſtinta magnitud; y aun en uno miſmo, pues muchas veces ſe oye, que la primera Legua es mayor que la ſegunda, y èſta que la tercera; no teniendo para ello mas regla, que la voz envejecida, ò el arreglamento de Poſtas, que mas es arreglamento de lo que ſe debe pagar, que de medidas; pues para formar èſte era neceſſario ſe huvieſſen tomado otras precauciones.

No tiene mejor fundamento la otra Legua, que llaman *geographica*; pues en mi entender no le han dado eſte nombre ſino ſolamente por verla pueſta en los Mapas geographicos; en los quales la eſtablecen los Eſtrangeros en fé de que algunos Authores Eſpañoles aſſeguran (como ſi lo hu-

huviessen medido) que el grado contiene 17 Leguas y media Españolas.

Esto bien aclarado, y no haviendo duda en que la Legua Española consta de 5000 Varas, y que sea una medida constante, è invariable, tampoco hay duda en que, como diximos antes, el grado de Meridiano contiguo à el Equador contenga $26\frac{22}{50}$, ò 26 Leguas y media Españolas, y no 17 y media, como creen todos los Authores, aun comprehendiendo los mas clasicos; pues partiendo las 132203 Varas, que contiene el grado por 5000, viene al quociente las $26\frac{22}{50}$, ò 26 y media.

Haviendose yà hecho esta deduccion, por si alguno necessitasse hacerla à qualquiera otra medida, se añade la Tabla que se sigue, que enseña la razon en que se hallan unas con otras.

| | |
|---|---|
| El piè de Rey de *Parìs* | 1440 |
| de *Londres* | 1350 |
| *Romano del Capitolio* | 1306 |
| del *Rhin* | 1390 |
| de *Bolonia* | 1682 |
| El Palmo de *Napoles* | 1169 |
| de *Genova* | 1118 |
| La Vara de *Castilla* | 3710 |

CA-

# CAPITULO VI.

## *Sobre la Figura de la Tierra.*

QUedando yà instruìdos por la Introduccion de las varias opiniones, que ha havido sobre la Figura de la Tiera, solo nos detendrémos aquì en explicar la que resulta de nuestras operaciones, y de las otras, que ultimamente se hicieron por orden del Rey Christianissimo. En la Lapponia *M. de Maupertuis*, con otros Académicos de las Ciencias de *Parìs* midieron, como nosotros lo hemos hecho, el extendido de 57′ 28½″; y por èl hallaron el grado de Meridiano, que cruza el circulo Polar, de 57437. 9 toesas.[a] Ultimamente midieron *M. M. Cassini de Thury*, y el Abate *de la Caille* de nuevo todo el extendido de la Francia, y resolvieron la longitud de varios grados, que comprehende el Reyno; como se vè en la Obra, que dieron, intitulada *La Meridienne de* Parìs *verifièe*; en la qual se halla pag. 112 una tabla del valor de muchos grados; segun la qual parece, que se puede suputar el grado de Meridiano, que cruza el paralelo 45° de 57050 toesas; con lo qual, y haviendo determinado nuestro grado de Meridiano contiguo à el Equador de 56767. 788 toesas, tenemos de cierto, que los grados de Meridiano de la Tierra no son iguales, y que vàn disminuyendo al passo, que se aproximan al Equador; y assì se sigue esta

## CONCLUSION.

LOs grados del Meridiano terrestre no siendo iguales, la Tier-

a. Memorias de la Academia de las Ciencias año 1737.

Tierra no puede ſer perfectamente Eſphérica; y hallandoſe menores al paſſo que eſtàn mas proximos del Equador, ha de ſer preciſamente Lata: eſto es, el Diametro del Equador mayor que ſu Exe. [a]

Para hallar la razon en que eſtàn eſtos dos Diametros, *M. de Maupertuis* dà una formula en ſu medida citada, baxo la ſupoſicion de que la curva, por cuya revolucion ſe produce la Eſpheroide,ò Figura de la Tierra, es una Elipſe. Con eſte miſmo principio dì yo otra en *Quito* ignorando la primera; de quien ſolo ſe diſtingue, en que en aquella empleò *M. de la Maupertuis* las Séries infinitas, lo que yo no hice; por lo qual le ſaliò mas ſimple. Eſto me hiciera omitir la mia con toda ſu conſtruccion, à no ſer mas general, y neceſsitar de algunas Equaciones, que de ella redundan. La propoſicion, y la forma en que yo la reſolvì ſe reducen à eſto.

## PROBLEMA.

Dados dos grados, ò minutos de la perifera de una Elipſe, hallar la razon de ſus Diametros.

Sean

[b] Fig. 14. Lam. 7.

BQCE [b] la Elipſe, ò Meridiano terreſtre
EQ el Equador
BC el Exe
H Un parage, ò punto donde ſe midiò un grado
I Otro parage donde ſe midiò el ſegundo grado
DE = A

DB

a. Veanſe las razones en la Introduccion.

DB $=$ 1 $=$ al radio
HF $=$ S Una Ordenada
IG $=$ $s$ Otra Ordenada
Un minuto del grado medido en H $=$ M
I $= m$.

y por ultimo los Abſciſſes correſpondientes à las Ordenadas $= x$.

La Equacion à eſta Elipſe es $A^2S^2 = 2Ax - x^2$; ſu diferencia es $A^2SdS = Adx - xdx$; luego $dx = \frac{A^2SdS}{A-x}$; pero de la Equacion de la Elipſe es $x = A \pm A(1-S^2)^{\frac{1}{2}}$; luego $dx = \mp ASdS(1-S^2)^{-\frac{1}{2}}$. Suponiendo ahora $dx$ conſtante, la diferencia de eſta ultima Equacion ſerà igual à Cero; eſto es, $AdS^2(1-S^2)^{-\frac{1}{2}} + ASddS(1-S^2)^{-\frac{1}{2}} + AS^2dS^2(1-S^2)^{-\frac{3}{2}} = 0$; y partiendo por $A(1-S^2)^{-\frac{1}{2}}$, quedarà en $-ddS = \frac{dS^2}{S(1-S^2)}$. Antecedentemente hallamos $dx = \mp ASdS(1-S^2)^{-\frac{1}{2}}$; luego $dx^2 = \frac{A^2S^2dS^2}{1-S^2}$; y

$$dx^2 + dS^2 = \frac{dS^2 + (A-1)S^2dS^2}{1-S^2}.$$

Es neceſſario advertir ahora antes de continuar el calculo, que ſi KLN [a] es la Devoluta de la Elipſe, ò Meridiano terreſtre, que antes citamos; y que ſea PO $= m$ uno de los minutos medidos, y UT $=$ M el otro, las perpendiculares à la ſuperficie de la Tierra en los extremos de los minutos, como OX, PX, TY, UY ſon radios de la Devoluta KLN; los angulos OXP, TYU ſiendo ambos de un minuto, ſon iguales, y por conſiguiente los triangulos OXP, TYU ſon ſemejantes, y ſus lados proporcionales: eſto

[a] Fig. 15. Lam. 7.

esto es, las longitudes de los minutos son como los radios de la Devoluta PY, UY.

Esto supuesto, la formula del radio de la Devoluta, suponiendo $dx$ constante, como lo hicimos antes, es... $\frac{(dx^2 + dS^2)^{\frac{3}{2}}}{-dxddS}$; y poniendo en esta formula en lugar de sus iguales las cantidades halladas antecedentemente, se reducirà à $\frac{(1 + (A^2 - 1)S^2)^{\frac{3}{2}}}{A}$ [a]; que es la formula del radio de la Devoluta de la Elipse, ò Meridiano terrestre en el paragе donde se midiò el minuto M, respecto de havernos valído de su Ordenada correspondiente S: esto es, el radio UY.

Para hallar el valor del radio PX, no hay mas, que poner en esta ultima formula $s$ en lugar de S, y se tendrà $PX = \frac{(1 + (A^2 - 1)s^2)^{\frac{3}{2}}}{A}$

Esto establecido, y haviendose demonstrado, que estos radios son proporcionales à los minutos medidos, tendrémos $\frac{(1 + (A^2 - 1)S^2)^{\frac{3}{2}}}{(1 + (A^2 - 1)s^2)^{\frac{3}{2}}} = \frac{M}{m}$; de donde se deduce $A^2 = (m^{\frac{2}{3}}S^2 - M^{\frac{2}{3}}s^2) = M^{\frac{2}{3}} - m^{\frac{2}{3}} + m^{\frac{2}{3}}S^2 - M^{\frac{2}{3}}s^2$; luego.. $A = \left(\frac{M^{\frac{2}{3}} - m^{\frac{2}{3}}}{m^{\frac{2}{3}}S^2 - M^{\frac{2}{3}}s^2} + 1\right)^{\frac{1}{2}}$; que es la formula para hallar la A igual al radio del Equador, dados el valor de los minutos M, y $m$, y suponiendo el radio, ò Semiexe $= 1$.

CO-

a. De esta formula se deduce facilmente lo que se dixo por anotacion en la medida de la Base pag. 152: esto es, que las perpendiculares baxadas de los Horizontes de los lugares, que estàn en un mismo Meridiano, y cercanos à el Equador se unen à una distancia expressada por $\frac{1}{A}$; cuyo valor es el radio de la Devoluta suponiendo $S = 0$.

## COROLARIOS.

1. Si el pequeño arco, ò minuto $m$ eſtà medido en E[a]: eſto es, en el Equador, entonces ſu Seno de la Latitud, ù Ordenada $s = 0$, y la formula ſe reduce à $A = \left(\frac{M^{\frac{2}{3}} - m^{\frac{2}{3}}}{m^{\frac{2}{3}} S^2} + 1\right)^{\frac{1}{2}}$ a Fig.14. Lam.7.

2. Si à mas el arco, ò minuto M eſtà medido en B: eſto es, en el Polo, eſta ultima formula ſe reduce (por ſer en eſte caſo la Ordenada S, ò Seno de Latitud $= 1$) à $A = \frac{M^{\frac{1}{3}}}{m^{\frac{1}{3}}}$; de donde ſe ſigue eſta analogìa $m : M = 1 : A^3$: eſto es, los minutos, ò grados de Meridiano cercanos al Equador, y Polo, ſon como el Cubo del Exe de la Tierra, al Cubo del Diametro del Equador.

3. Si no ſe quiere hallar mas, que la cantidad en que el radio del Equador excede al Semiexe, ſe ſupondrà $A = 1 + \delta$; y tendrémos $A^2 = 1 + 2\delta + \delta^2$; y deſpreciando el último termino por infinitamente pequeño, reſpecto, que el radio del Equador excede en muy poco al Semiexe, quedarà $A^2 = 1 + 2\delta = \frac{M^{\frac{2}{3}} - m^{\frac{2}{3}}}{m^{\frac{2}{3}} - M^{\frac{2}{3}} s^2} + 1$; luego $\delta = \frac{M^{\frac{2}{3}} - m^{\frac{2}{3}}}{2(m^{\frac{2}{3}} S^2 - M^{\frac{2}{3}} s^2)}$.

4. De eſta formula ſe deduce facilmente la de *M. de Maupertuis*, ſuponiendo $M = m + n$: eſto es, $n =$ al exceſſo de un grado ſobre el otro; porque ſerà $M^{\frac{2}{3}} = m^{\frac{2}{3}} + \frac{2n}{3m^{\frac{1}{3}}} - \frac{n^2}{9m^{\frac{4}{3}}} + \&c$; y poniendo eſte valor en la formu-

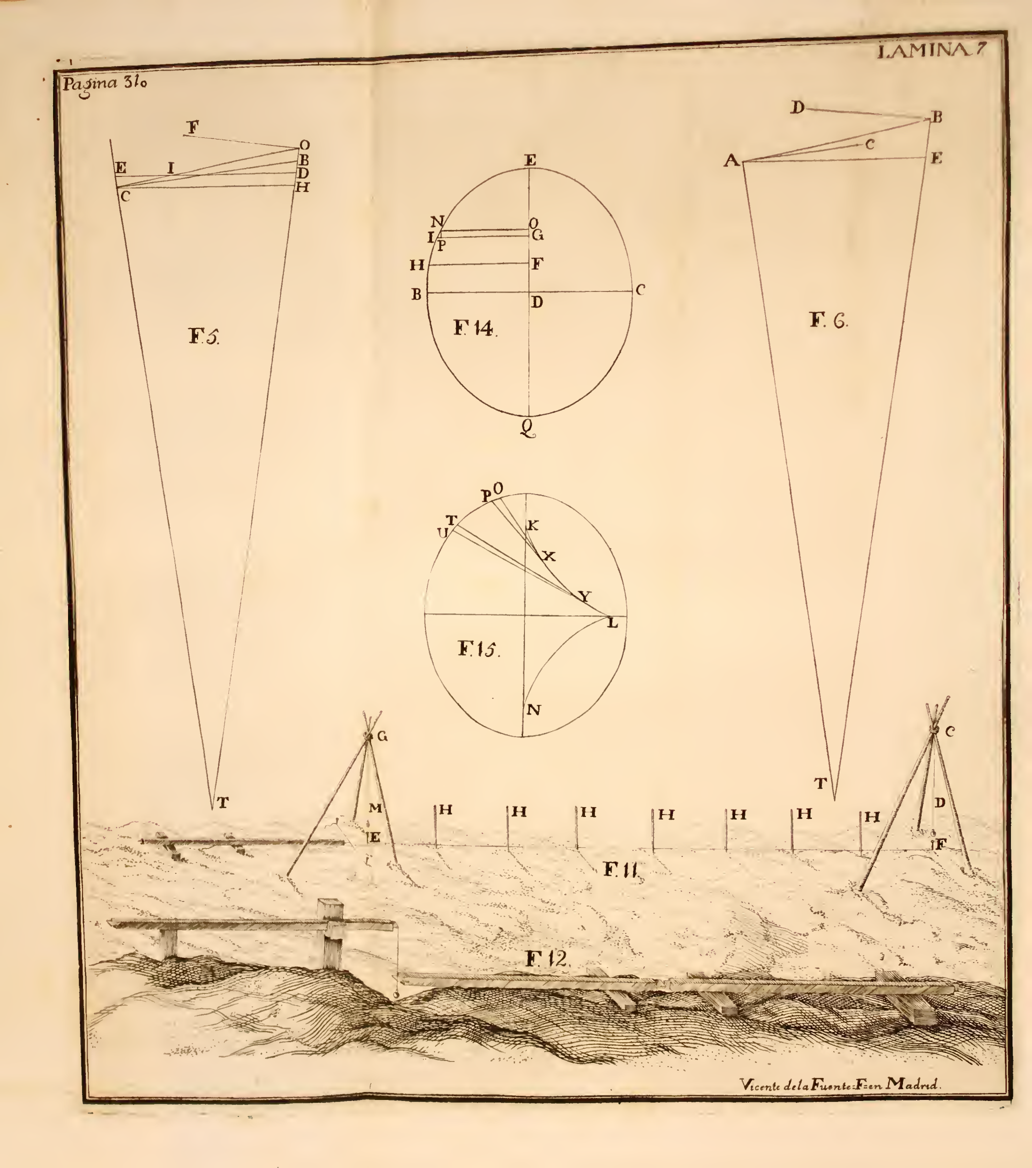
mula, y despreciando las cantidades infinitamente pequeñas, resultarà $\delta = \frac{n}{3m(S^2 - s^2)}$.

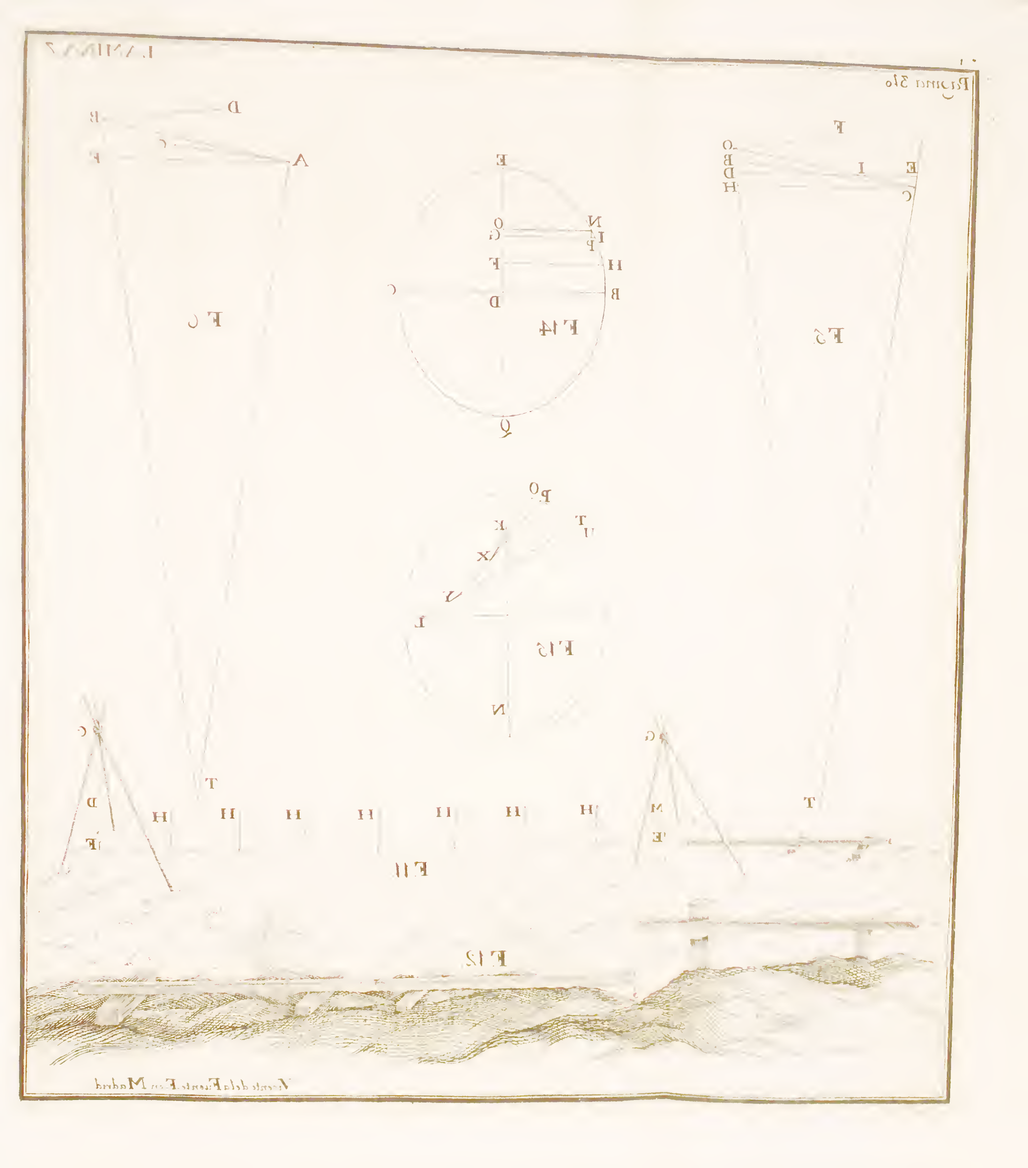
5. Si el pequeño arco, ò minuto $m$ està medido en el Equador, como se supuso en el Corolario 1, serà tambien como en aquel $s = 0$; y quedarà la formula en $\delta = \frac{n}{3mS^2}$.

6. Si ademàs el arco, ò minuto M està medido en el Polo, esta ultima formula quedarà (por ser, como en el Corolario 2, S = 1) en $\delta = \frac{n}{3m}$; de donde se deduce $m : n = 1 : 3\delta$ : esto es, el minuto, ò grado de Meridiano proximo à el Equador, es à lo que excede à èste el del Polo, como el Semiexe, à tres veces el exceso del radio del Equador sobre el Semiexe.

7. El Corolario 5 nos diò $\delta = \frac{n}{3mS^2}$; luego $1 : 3m\delta = S^2 : n$; y como en este caso $m$ represente el minuto, ò grado del Meridiano contiguo à el Equador, la cantidad $3m\delta$ es constante; con que tambien lo serà la razon $\frac{1}{3m\delta}$, y su igual $\frac{S^2}{n}$; y asi los excessos $n$ de los grados de qualquiera Latitud sobre el antecedente contiguo à el Equador, seràn como $S^2$ : esto es, como los quadrados de los Senos de las mismas Latitudes.

8. Los Corolarios 6, y 7, y los grados de Meridiano medidos en las cercanías del Equador, y Latitud 45°, nos dàn otro methodo muy facil de hallar la cantidad en que el radio del Equador excede al Semiexe; porque el quadra-


F
O
B
E
I
D
H
C
F. 5.
T
E
N
O
I
G
P
H
F
B
C
D
F. 14.
Q
P
O
T
U
K
X
Y
L
F. 15.
N
D
B
C
A
E
F. 6.
T
G
M
E
H
H
H
H
H
H
H
C
D
F
F. 11.
F. 12.
Vicente de la Fuente F. en Madrid.



drado del Seno de la Latitud 90° es duplo del quadrado del Seno de la Latitud 45 ; con que si $n$ reprefenta el exceſſo del grado 45° ſobre el contiguo à el Equador $2n$ (Corol.7) repreſentarà el exceſſo del grado 90°; y (Corol.6) ſeràn $m : 2n = 1 : 3\delta$ ; eſto es, $\delta = \frac{2n}{3m}$.

9. De la formula antecedente ſe deduce $m : n = 1 : \frac{3}{2}\delta$ : eſto es , el grado de Meridiano contiguo à el Equador es à aquello en que le excede à éſte el de la Latitud 45°, como el Exe de la Tierra à vez y media el exceſſo del radio del Equador ſobre el miſmo Exe.

10. Haviendoſe dicho en el Problema , que los minutos , ò grados de Meridiano ſon proporcionales à los radios de la Devoluta de la Elipſe , que le repreſenta ; y el grado del miſmo Equador , haviendo de ſer como el radio de èſte ; ſe ſigue , que un grado de Meridiano es al del Equador como $\frac{(1+(A^2-1)S^2)^{\frac{3}{2}}}{A}$ à A; ò como $(1+(A^2-1)S^2)^{\frac{3}{2}}$ à $A^2$.

11. Del Corolario antecedente ſe ſigue , que el grado de Meridiano contiguo à el Equador es al del miſmo Equador como 1 à $A^2$ ; ò ( Cor.3 ) como 1 à $1+2\delta$ ; porque en eſte caſo $S = 0$.

12. Siendo por el Corolario antecedente el grado de Meridiano contiguo al Equador al del miſmo Equador como 1 à $1+2\delta$ , ſe ſigue , que aquel grado ſerà à la cantidad en que le excede el del miſmo Equador como 1 à $2\delta$ .

13. En el Corolario octavo ſe viò , que el grado de Meridiano contiguo al Equador es à la cantidad en que excede à éſte el del Polo como 1 à $3\delta$ : luego los exceſſos de los grados del Equador , y de Meridiano del Polo ſobre el contiguo al Equador ſeràn (Cor.12) como $2\delta$ à $3\delta$ , ò como 2 à 3.

De

14. De este Corolario, y de el septimo se sigue el methodo de hallar el grado de Meridiano, que es igual al del Equador; porque tendrémos 3 es à 2 como el quadrado del radio al quadrado del Seno de la Latitud, donde el grado de Meridiano es igual al del Equador. Si se hace el calculo se hallarà, que esta Latitud es la de $54^{\circ}\ 44'\ 08''$.

Si à qualquiera de las formulas del Problema, y Corolarios 1, 3, 4, 5, y 8 se les substituyen los valores del los minutos correspondientes medidos, tanto en la *Laponia*, como en *Francia*, y Reyno de *Quito*, y los Senos de las Latitudes donde se midieron, se hallarà la razon de los Diametros de la Tierra. Yo he hecho varias veces esta operacion, y siempre la he concluído distinta, valiendome de distintos grados; lo que prueba, que no estàn estos entre sì en la razon que pide el Corolario 7. Segun éste es preciso, que las cantidades 282.212, 670.112, en que los grados de las Latitudes $45^{\circ}$, y $66^{\circ}\ 31'$ exceden el contiguo al Equador, sean entre sì como los quadrados de los Senos de dichas Latitudes, lo que no se hallarà si se examina.

Por este motivo quieren algunos, que no sea exacta la suposicion hecha, de que la Curva, por cuya revolucion se produce la Espheroide de la Tierra, sea una Elipse; y vàn à buscar otra en la qual convengan todos los grados medidos. *M. Bouguer* es quien ha dado solucion à este Problema como se puede vèr en las *Memorias de la Academia de las Ciencias* año 1736 pag. 443. Pero muy lexos de creer yo, que las disparidades, que se hallan en los excessos de los grados, procedan de la suposicion hecha, de que la Curva sea una Elipse, discurro no nacen mas, que del corto yerro, que indispensablemente se debe cometer en las medidas de los grados, como se verà en el Libro siguiente.

LI-

# LIBRO VIII.

## De las Experiencias del Pendulo ſimple, y concluſion de la Figura de la Tierra.

### CAPITULO I.

*Motivos que obligaron à emprehender las Experiencias del Pendulo.*

EL principal fin que nos llevò à los Reynos del *Perù*, como tengo dicho, fuè la determinacion de la figura de la Tierra; y ſobre eſte aſſumpto las Obſervaciones, que ſe oponían al dictamen, de que fueſſe Longa, eran las del Pendulo; pues *M. Richer* haviendo paſſado à la Isla de la *Cayenna*, que ſe halla en $4^{\circ}\ 56'\ 17\frac{1}{2}''$ de latitud Boreal el año 1672, hallò, que para que vibraſſe el Pendulo los ſegundos de tiempo medio en aquel Pais, era preciſo acortarle una linea y quarto de longitud, que neceſsitaba en *Parìs* para lo miſmo; y como las longitudes de los Pendulos con que ſe forman de igual duracion ſus Oſcilaciones, ſegun ſe tiene bien ſabido, y han demonſtrado varios Authores, ſon como las peſadeces de los cuerpos; ſe ſigue por eſta experiencia, que la peſadèz en *Cayenna* es menor que en *Parìs*.

Eſta alteracion del peſo de los graves, la atribuyeron al inſtante *M.M.Huygens*, y *Newton* al movimiento diurno de la Tierra; pues de èl nacìa una ſegunda fuerza, llamada Centrifuga, que ſe oponìa à la de gravedad, con la qual no ſolo explicaban facilmente la Obſervacion de *M.Richer*, pero determinaban, que la Tierra era Lata.

Sin embargo de eſta Obſervacion reiterada en *Cayenna* por diez meſes, y de la Theorica dada por *M.Newton* en ſu obra *Philoſophiæ Naturalis Principia Mathematica*, dudaron en la Academia Real de *Parìs* de la verdad del hecho, como ſe vè en el tomo primero de ſu Hiſtoria, con motivo de las Obſervaciones hechas por *M. Picard* en *Montpellier*, y en *Uranibourg*; y ſolo ſe aſſeguraron de la juſta medida de *M. Richer*, deſpues que *M. M. Varin*, *Deshayes*, y *Glos* hicieron nuevas Obſervaciones en la *Gorea*, y en la *Guadalupe*, y hallaron, que ciertamente la longitud del Pendulo de igual duracion en ſus Oſcilaciones, era menor en los parages cercanos à el Equador, que en mayores latitudes: cuyas experiencias fueron deſpues confirmadas por varios, de ſuerte, que yà no ſe duda de ſu verdad.

No obſtante en nueſtro Viage al *Perù* parecìa como preciſo reiterar las Obſervaciones, y mas quando nos hallabamos ſobre el miſmo Equador, donde la diminucion de la longitud del Pendulo debía ſer mayor; y por ella podiamos tambien concluir la razon de los Diametros de la Tierra, para confrontarla con la que diera la medida de los grados, y eſtàr por ſu concordancia ſeguros de las Operaciones.

A eſte fin ſe hicieron varias experiencias en el diſcurſo del Viage: en *Panamà*, y *Guayaquìl* las hice juntamente con *M. Godin* diverſas veces; pero no haviendo ſalido con la juſti-

justificacion deseada, las omito al presente. En *Quito* hallandonos con mas tranquilidad (que la pide muy grande esta experiencia) la repetimos varias veces en compañia de *Don Antonio de Ulloa*: en el *Guaríco*, ò *Cabo Francès* à mi regresso à *España*, tambien hice algunas, y todas se executaron con el Instrumento, que en el Capitulo siguiente describo.

## CAPITULO II.

*Descripcion del Instrumento con que hicimos la experiencias del Pedulo simple, y uso de èl.*

LA figura 1 [a] representa el todo del Instrumento, en la qual la pieza AB es una Regla de madera, que tendrà de 44 à 46 pulgadas de largo, y dos de ancho; y en su cabeza està el suspensorio, ò Pinzas, que mantienen el hilo, las quales se vèn mejor en la figura 2. *a* Lam.8.

El hilo de Pita baxa desde dichas Pinzas hasta la Maquina de abaxo; y en su extremo està suspendido el peso, ò duplo cono, que se vè en la figura 4. Este està taladrado de extremo à extremo en su medio conicamente; y en el agujero se incluye un Cilindro un poco conico, que ajuste bien; y siendo rajado por medio se incluye en la cortadura el extremo del hilo, que queda oprimido de tal suerte con el ajuste del Cilindro, que se mantiene sin desasirse, en cuya conformidad se escusa el aplicarle al Peso un gancho para mantenerlo, lo que siempre ocasiona mayor yerro.

La figura 3 (es la Maquina B, que se vè en la primera) està compuesta de una pieza de cobre AB, unida à la regla de madera por dos tornillos, que se aplican por detràs:

èſta tiene dos encaxes C, y D, por los quales corre libremente la pieza EF : ſobre la qual eſtà hecha firme la H : y en èſta una punta como Diamante, que ſirve para que quando ſe mide la longitud del Pendulo, ſolo toque al dicho Diamante el Peſo, que eſtà ſuſpenſo.

En la miſma pieza H hay otra punta I, que corre ſobre la pieza principal AB : y quando la pieza EF ſe lleva arriba, y abaxo, và marcando en las diviſiones las pulgadas de la longitud del Pendulo.

Sobre la pieza H eſtà la L,tambien unida à la EF, en la qual hay algunas lineas marcadas, y ſirve para conocer por ellas la magnitud de las Oſcilaciones.

En lo mas baxo de la pieza EF, y ſobre ella unida hay otra M, que hace firme la cabeza del tornillo M ; el qual paſſa por otra pieza O ( firme tambien en la pieza principal ) que tiene ſus roſcas : todo lo qual hace, que bolteando el tornillo, ſuba, y baxe ſuavemente la pieza.

Eſte tornillo ſirve tambien de Micrometro, pues no ſiendo las diviſiones de la pieza principal menores que pulgadas, el tornillo determina las lineas, y partes de linea con ſu Plancha circular dividida.

La figura 2 es la miſma, que la A de la figura primera: X es un agujero por donde ſalen las Pinzas, que mantienen el hilo, y Peſo, paſſando entre ellas el hilo, y cerrando deſpues el tornillo que las cruza ; y le aprietan de ſuerte, que no puede deslizarſe la menor coſa.

Por el agujero Z ſe fixa un clavo en la pared firmemente, el qual mantiene todo el cuerpo del Inſtrumento.

La poſicion de las Pinzas en la Regla ſe vè en la figura 5 (que repreſenta el plano, que corta la recta RY en la figura 2.) el 2. 3. es una pieza de cobre de quita, y pon;

y

y una vez pueſtas las Pinzas, como ſe vè en la figura, ſe paſſa el tornillo 4, que forman las dos Pinzas por un agujero, que tiene dicha pieza, aplicandola à ſu lugar; y poniendo la hembra 5, oprime las Pinzas contra las dos piezas de cobre 2, 3, 6, 7, y quedan ſólidas, y firmes.

El methodo de ſervirnos de eſte Inſtrumento, fuè colocandole en un Quarto bien abrigado, cerrabamos todas las puertas, y ventanas, cuidando al miſmo tiempo que toda rendija eſtuvieſſe bien tapada, para que con eſſo no ſe pudieſſe introducir el menor viento, que interrumpieſſe las Oſcilaciones del Pendulo.

Al lado del Inſtrumento ſe colocaba tambien el Relox de Pendola, yà arreglado al movimiento medio del Sol: ò, lo que es lo miſmo, haviendo yà examinado lo que ſe adelantaba, ò atraſſaba, reſpecto del tiempo medio, por las alturas correſpondientes tomadas, ſegun ſe dixo en el Libro tercero; y tambien el Thermometro, para notar el grado de calor al tiempo de la Obſervacion, y poderla comparàr à qualquiera otra hecha en otro grado.

Formabamos el Pendulo, ò Perpendiculo de un hilo de Pita (del qual 64 toeſas peſaban 26 granos) poniendo en ſu extremo el duplo cono, yà explicado en la figura 4, que tenía de $\alpha$ à $\beta$ $11.41\frac{2}{3}$ lineas; de $\delta$ à $\pi$ $9.31\frac{3}{4}$ lineas; y de $\gamma$ à $\delta$ $1.76\frac{3}{4}$ lineas, y lo miſmo en ſu parte alta correſpondiente, el qual peſaba 870 granos; pero dexabamos la longitud del Pendulo tal, que no llegaſſe el duplo cono à tocar la punta del Diamante.

Deſpues de eſto ſe ponía en Oſcilacion el Pendulo, de ſuerte, que no excedieſſe cada una mas que media à dos pulgadas, para que con eſſo fueran ſin diferencia ſenſible executadas como en una cycloide, que es la curva

que

que hace iguales todas las Oſcilaciones, como lo demonſtrò *M. Huygens*; pues de lo contrario, no ſe podian ſuponer todas las Oſcilaciones del Pendulo de una miſma duracion.

Yà que eſtaba en movimiento, como preciſamente haviamos de eſtàr cercanos al Inſtrumento, procurabamos cubrirnos la boca, lo mejor que permitía la preciſion de haver de reſpirar, para que el aliento no interrumpieſſe las vibraciones, ù oſcilaciones, y en eſta conformidad notabamos quando el Pendulo, y Relox de Pendola fenecian una vibracion unanimes, ò al miſmo tiempo; à cuyo inſtante ſe empezaba à contar cero, y ſe proſeguia con uno, dos, &c, haſta que ſe remataba la Obſervacion, que ſolìa durar una, dos, y tres horas; y ſe notaban las vibraciones hechas, tanto en el Pendulo, como por el Relox; ò deſpues de haver contado cero, ſe tenìa cuidado en las vibraciones, que perdìa, ò ganaba el Pendulo en el diſcurſo de la Obſervacion reſpeto de las del Relox.

Yà fenecida la Obſervacion, ò experiencia, ſe hacía acercar la pieza EF de la figura 3: eſto es, la punta de Diamante àcia el duplo cono, haſta que la punta I quedaſſe exactamente ſobre la diviſion de una pulgada, y de alli ſe proſeguia notando con el Micrometro las lineas, y partes, que tenìa de menos longitud el Pendulo, haſta que la punta de Diamante tocaba la Baſe del duplo cono.

La diſtancia de las Pinzas à la diviſion, en donde quedaba, ò ſe notaba la punta I, ſe tenìa yà bien examinada antecedentemente con un compàs de Micrometro, ſirviendonos de la miſma toeſa con que ſe midiò la Meridiana, ò grado terreſtre.

Con

Con esta justificacion se hacìa la experiencia, y se medìa la longitud del Pendulo desde las Pinzas à la Base del duplo cono; del qual restando el Semidiametro $4.65\frac{7}{8}$ lineas, nos quedaba la longitud del Pendulo desde las Pinzas al centro de gravedad del duplo cono; à lo que añadiendo, ò substrayendo lo que el centro de oscilacion estaba mas baxo, (como se dirà mas adelante) se tenìa la verdadera longitud del Pendulo, con que se havìa hecho la experiencia.

## CAPITULO III.

### *De las Experiencias hechas en* Quito.

POr no cansar con la repeticion de las Observaciones, que se reducen à la reiteracion de la misma cosa, serà suficiente explicar la primera con todas las particularidades, y circunstancias, que intervinieron en ella, y despues incluir la tabla de todas las que se executaron, yà corregidas generalmente.

El dia 13 de Julio de 1736 à las $8^h\ 49'\ 58''$ de la mañana, haviendo puesto *M. Godin*, y yo, en *Quito* el Pendulo en movimiento, empezamos à contar sus Oscilaciones, hasta las $10^h\ 02'\ 00\frac{1}{2}''$, y en este tiempo hizo 4322; y en el mismo, hizo el Relox de Pendula $4322\frac{1}{2}$: luego el Pendulo perdiò en este espacio $\frac{1}{2}''$, y en 24 horas huviera perdido $10''$.

Las Oscilaciones del Pendulo eran al principio de la Observacion de media pulgada, y al fin de media linea. El Relox se adelantaba respeto del tiempo medio en 24 horas $28\frac{1}{2}''$, segun se havia examinado por las alturas correspondientes

reſpondientes, que tomamos: luego el Pendulo ſe adelantaba en las miſmas 24 horas de tiempo medio $18\frac{1}{2}''$.

Acabada la experiencia, medimos la longitud del Pendulo, deſde las Pinzas, haſta la Baſe del duplo cono,

| | | |
|---|---|---|
| y le hallamos de | 36 pulg. | 11.29 lin. |
| De lo que reſtando el Semidiametro del duplo cono | 0 | $4.65\frac{7}{8}$ |
| queda la longitud del Pendulo deſde las Pinzas haſta el centro de gravedad del duplo cono de | 36 | $06.63\frac{1}{8}$ |

Faltanos añadir ahora lo que el centro de Oſcilacion eſtà mas baxo, que el de gravedad: eſta correccion ha ſido muy controvertida por los Geometras; los unos le daban una ſolucion, quando otros otra: el célebre *M. Huygens* es quien la ha reſuelto exactamente en ſu *Horologio Oſcillatorio*; y ſin embargo que eſtableciò la diſtancia del centro de gravedad al de Oſcilacion en una Eſphera, que oſcila ſobre un punto de ſu ſuperficie de $\frac{2}{5}$ del radio de la miſma, *M. Carre*, y otros Authores la daban ſolo de $\frac{1}{5}$: la equivocacion nacìa de no haver atendido èſtos, à que todos los puntos de los peſitos infinitamente pequeños, ſobre los quales fundaban el calculo, no diſtaban igualmente del exe de movimiento.

*M. de Mairàn*, que en el tiempo que eſtuvimos en el *Perù*, ſe dedicò largamente à eſtas experiencias, hizo muchos reparos ſobre eſte aſſumpto, y hallò con admiracion el yerro de eſtos Geometras, que comunicò à *M. Godin*, y èſte à mi, y ſe contiene en una Memoria, que oy ſe vè en las de la *Academia de Parìs* año 1735. Eſto ſolo nos ſacò de la duda, que pudieramos tener en ſi *M. Huygens*, ò los otros Geometras, que eſcrivieron deſpues de èl, ſe equi-

vo-

vocaban; pero no nos daba la ſolucion del Problema, que neceſsitabamos: eſto es, la diſtancia del centro de gravedad al de Oſcilacion de nueſtro duplo cono; y tampoco nos hallabamos con los Authores que dàn parte de èl. Con eſto me fuè preciſo reſolver el Problema, que vencido, ſe facilitaban otros varios; y concluì la diſtancia del centro de gravedad al de Oſcilacion en una Eſphera, un Cilindro, una Piramide, un Cono, y otros Cuerpos, y Figuras; pero todo ello es ahora de ninguna utilidad, porque mis formulas no ſe diferencian de las de *M. Bernoulli*, ni las determinaciones de las de *M. Huygens*.

Eſte Geometra dà en la parte 4 de ſu *Horologio Oſcilatorio*, prop. 22, la diſtancia del centro de gravedad al centro de Oſcilacion en un Cono, que oſcila ſobre ſu vertice de $\frac{1}{20}$ de ſu altura, mas $\frac{1}{20}$ del quadrado del Diametro de ſu Baſe dividido por la altura. Y en la propoſicion 19 demueſtra, que las diſtancias del centro de gravedad al de Oſcilacion (en Pendulos de diſtintas longitudes, y un miſmo cuerpo) ſon en razon inverſa de las diſtancias del centro de gravedad al punto de ſuſpenſion.

Eſto es lo que podémos ſacar de ſu Obra; pero no es ſuficiente para determinar el Problema, que neceſsitamos, ſi no incluìmos los Lemmas ſiguientes.

## LEMMA I.

### Hallar el centro de Oſcilacion de un Cuerpo diſminuìdo de otro menor.

SEa el Cono truncado ABEC[a] (que es un Cono FCE diſminuìdo de otro menor FAB) que ſuſpendido por la linea in-

[a] Fig. 6.

inflexible DS, oſcile ſobre ſu punto de ſuſpenſion S. Sea aſsimiſmo la ſuma de los momentos del pequeño Cono FAB (M); los del Cono FCE ($m$); la diſtancia entre ſus centros de oſcilacion D; y la diſtancia del centro de oſcilacion del Cono FCE al centro de oſcilacion del Cono truncado $d$: con lo qual, tendrémos conforme à las reglas de los centros de gravedad $m : M = D + d : d$; luego $m - M : M = D : d = \frac{MD}{m-M}$; pero los momentos M, $m$, ſon iguales à los peſos de los cuerpos, ò maſas, multiplicados por ſus diſtancias del punto de ſuſpenſion al centro de gravedad: luego llamando los peſos P, $p$, y las diſtancias del punto de ſuſpenſion al centro de gravedad E, $e$, tendrèmos tambien la expreſsion $d = \frac{PED}{pe - PE}$; en la que ſi ſe ſupone $P = 1$, quedarà en $d = \frac{ED}{pe - E}$; y ſi al miſmo tiempo es $P = p$ ſe reducirà à $d = \frac{ED}{e - E}$.

## LEMMA II.

Hallar el centro de Oſcilacion de un Cuerpo compueſto de dos, pueſtos unò ſobre otro.

[a] Fig. 7. SEa DABC [a] un duplo Cono truncado, compueſto de dos Conos truncados ADB, ABC, que ſuſpendido por la linea inflexible DS oſcile ſobre el punto de ſuſpenſion S. Sea aſsimiſmo la ſuma de los momentos del cuerpo ſuperior ADB (M); los del inferior ABC ($m$); la diſtancia entre ſus centros de oſcilacion D; y la diſtancia del centro de

de oſcilacion del cuerpo inferior al centro de oſcilacion comun, que ſe buſca $d$: con lo qual tendrémos conforme à la regla de los centros de gravedad $M : m = d : D - d$; luego $M + m : M = D : d = \frac{MD}{M+m}$; y poniendo como en el Lemma antecedente $M = PE$, y $m = pe$; reſultarà $d = \frac{PED}{PE+pe}$; y ſe ſupone $P = 1$, quedarà en $d = \frac{ED}{E+pe}$; y ſi al miſmo tiempo es $P = p$, $d = \frac{ED}{E+e}$.

## COROLARIO.

DE eſtas formulas ſe puede concluir el modo de hallar lo que en la practica levanta el centro de Oſcilacion del Cuerpo el hilo, con que ſe ſuſpende; pues èſte ſe puede conſiderar como un ſegundo Cuerpo, pueſto encima del primero. Si ſe ſupone pues, que el peſo del hilo es igual à la unidad, nos valdrémos de la formula $d = \frac{ED}{E+pe}$. Para hallar el valor de D ſe ſupondrà, que el hilo es un Cilindro, cuyo centro de Oſcilacion diſta, ſegun *M. Huygens*, del de gravedad de $\frac{1}{6}$ de ſu longitud, mas, la mitad del quadrado del Diametro de ſu Baſe, dividido por la miſma longitud; y haviendo hallado tambien el centro de Oſcilacion del otro Cuerpo, ſe deducirà por ſola adicion, ò ſubſtraccion el valor, que ſe deſea de D.

Siguiendo eſtas reglas, nos podemos ſervir en la practica de un hilo grueſſo, y fuerte, del qual ſe tenga ſeguridad, que no ſe ha de romper; pues conſiderandole un

Cilindro, ſe hace atencion à ſu grueſſo; y con ello ſe evitarà el trabajo, que cauſa el romperſe tan repetidas veces, por quererle uſar muy delgado; ſin embargo no ſe empleará grueſſo en exceſſo, porque el ambiente del ayre diſminuyéra conſiderablemente la magnitud de las Oſcilaciones.

La formula $d = \frac{ED}{E + pe}$ ſe reduce à la que diò *M. de Mairàn* en la Memoria citada, para hallar lo que el peſo del hilo levanta el centro de Oſcilacion; ſuponiendo (como lo hizo), que el peſo ſiendo de ninguna extenſion, ſe halla todo reunido en el extremo del hilo 2E, que ſupone tambien ſer una linea inflexible; con lo qual ſon $e = 2E$, y $D = \frac{2}{3}E$; y por conſiguiente ſerà $d = \frac{\frac{2}{3}E^2}{E + 2Ep}$ $= \frac{\frac{1}{3}E}{p + \frac{1}{2}}$. Eſtas ſupoſiciones, ſi $p$ es de magnitud conſiderable, y el grueſſo del hilo tambien, no dexaràn de producir algun yerro; pero como en la practica ſe eſtile ſiempre valerſe de Cuerpos pequeños, y hilos muy delgados, el yerro es de ningun momento.

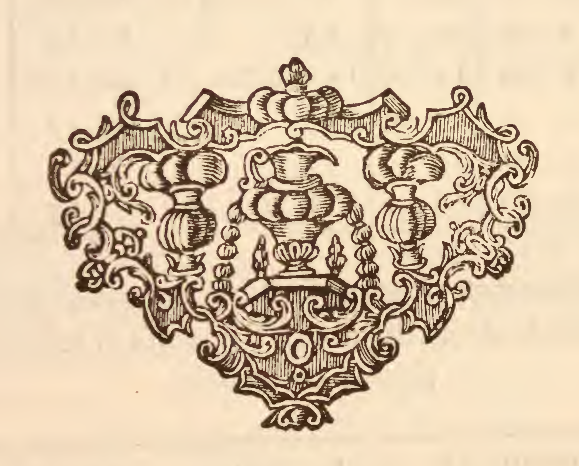
Si por las dimenſiones, que ſe dieron en el Capitulo antecedente del duplo Cono, y las formulas de los dos Lemmas, ſe calcùla la cantidad, que el centro de Oſcilacion de eſte Cuerpo eſtaba mas baxo, que el de gravedad, ſe hallarà de 0.018 lineas.

Aſsimiſmo ſi por las dimenſiones del hilo, y duplo Cono, que ſe dieron, y la formula del Corolario, ſe calcùla la cantidad, que el hilo levantaba el centro de Oſcilacion del duplo Cono, ſe hallarà de 0.034 lineas; por lo qual la longitud del Pendulo, con que ſe hizo la experien-

riencia deſde el punto de ſuſpenſion al centro de Oſcilacion, ſerà igual à 36 pulg. $6.63\frac{1}{8}$ lineas $+ 0.018 - 0.034$: eſto es, igual à 36 pulg. 6.615 lineas.

Para deducir la longitud del Pendulo, que vibra los ſegundos de tiempo medio por el antecedente, tenemos eſta analogía, $\overline{86400}^2$ Oſcilaciones, que hace un Relox en 24 horas de tiempo medio, ſon à $\overline{86418\frac{1}{2}}^2$, que hizo el Pendulo en el miſmo tiempo; como 36 pulgadas 6.615 lineas, à 36 pulgadas 6.802 lineas; verdadera longitud del Pendulo ſimple, que vibra los ſegundos de tiempo medio en *Quito*.

Con eſta miſma practica hicimos 16 experiencias en la miſma Ciudad, que ſon las de la Tabla ſiguiente.



Ta-

# Tabla de las Experiencias del Pendulo ſimple hechas en *Quito*.

| Expe-rien-cias | Sugetos por quienes ſe hicieron. | Tiempo que duraron. | | | Magn. de las Oſcilaciones al prin. | fin | Lo que ſe atraſsò, ò adelantò el Pendulo en 24 horas de tiempo medio. | Longitud del Pendulo haſta la Baſe del duplo Cono. | | Longitud del Pendulo, que vibrarà los ſegundos de tiempo medio, reſultante. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | h | ′ | ″ | lin. | lin. | ″ | pulg. | lin. | pulg. | lin. |
| 1 | *M.Godin, y yo* | 1 | 12 | 02$\frac{1}{2}$ | 6 | $\frac{1}{2}$ | 18$\frac{1}{2}$ adel. | 36 | 11.29 | 36 | 6.802 |
| 2 | | | 57 | 13$\frac{1}{2}$ | | | 16 | | | | .779 |
| 3 | | 2 | 30 | 00 | | | 16$\frac{3}{5}$ | | | | .786$\frac{1}{2}$ |
| 4 | *M.Godin, y Ulloa* | 1 | 32 | 24$\frac{1}{2}$ | 16 | $\frac{3}{4}$ | 899$\frac{3}{4}$ | | 02.463 | | .791$\frac{1}{2}$ |
| 5 | *M.Godin* | 2 | 25 | 00 | 18 | $\frac{1}{5}$ | 34$\frac{1}{4}$ | | 11.10 | | .805 |
| 6 | por mì | 1 | 51 | 00 | 20 | $\frac{1}{2}$ | 30 | | .182 | | .846$\frac{1}{2}$ |
| 7 | *M.Godin* | 2 | 39 | 00 | 24 | $\frac{1}{8}$ | 66 | | 10.70 | | .695 |
| 8 | | | 10 | 00 | 27 | $\frac{1}{8}$ | 61$\frac{1}{2}$ | | 10.84 | | .791$\frac{1}{2}$ |
| 9 | | | 19 | 00 | 11 | $\frac{1}{6}$ | 151$\frac{1}{2}$ atràs | 37 | 00.958 | | .741$\frac{1}{2}$ |
| 10 | por mì | | 04 | 00 | 15 | 1$\frac{1}{2}$ | 263 | | 02.19 | | .831$\frac{1}{2}$ |
| 11 | *M.Godin* | 3 | 04 | 00 | 12 | $\frac{1}{8}$ | 74$\frac{1}{4}$ | | 00.21 | | .781$\frac{1}{2}$ |
| 12 | | | 00 | 00 | 18 | $\frac{1}{6}$ | 8 adel. | 36 | 11.33 | | .738 |

Las ſiguientes experiencias ſe hicieron con el duplo Cono, buelto lo de arriba abaxo, por vèr ſi reſultaba alguna diferencia.

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 13 | | 2 | 00 | 00 | 18 | $\frac{1}{8}$ | 13 adel. | | 11.273 | | .731$\frac{1}{2}$ |
| 14 | | 3 | 00 | 00 | 24 | $\frac{1}{6}$ | 4 atràs | | .40 | | .686$\frac{1}{2}$ |
| 15 | | 4 | 00 | 00 | 22 | $\frac{1}{10}$ | 8 | | .455 | | .701$\frac{1}{2}$ |
| 16 | por mì | 2 | 46 | 00 | 14 | $\frac{1}{3}$ | 13$\frac{1}{2}$ | | .477 | | .665 |

El medio entre todas dà la longitud del Pendulo ſimple, que vibra los ſegundos de tiempo medio en *Quito* de 36 pulgadas 6.761 lineas.

Eſta

Eſta longitud es neceſſario reducirla al nivèl del Mar, ſobre el qual eſtà la Ciudad de *Quito*, ſegun el Libro V, en que ſe refieren las experiencias del Barometro ſimple, 1517 toeſas [a]; à lo que ſe puede dàr varias reſoluciones, a pag.130. ſegun ſe ſupuſiere ſer la razon, en que ſe hace la gravedad à diſtintas diſtancias del centro de la Tierra; y aunque la Aſtronomìa nos enſeña, que eſta razon es la inverſa de los quadrados de las diſtancias del centro, ſerà bueno incluir otras Obſervaciones, que lo acreditan.

*Don Antonio de Ulloa* hallò (por dos experiencias, que hizo, y otra *M. Bouguer* en lo alto del Cerro *Pichincha*, con una Maquina caſi como la deſcrita en el Capitulo antecedente) que el Pendulo era mas corto en aquel parage, que en *Quito* de $\frac{26}{100}$ de linea: à lo qual ſi ſe añaden $\frac{2}{100}$ por 4 grados, que el Thermometro ſe mantenìa mas baxo en *Pichincha*, que en *Quito*, al tiempo que ſe hicieron las experiencias, y reſultan de lo que ſe dixo en el Libro IV, experiencia V, ſerà eſta cantidad de $\frac{28}{100}$.

Para vèr ſi eſta experiencia conviene con la razon, en que nos enſeña la Aſtronomìa ſe hace la gravedad à diſtintas diſtancias del centro, es neceſſario eſtàr inſtruìdos, que la Cumbre de *Pichincha*, ſegun el Libro V de las experiencias del Barometro, tiene de elevacion ſobre el nivèl de *Quito* $954\frac{1}{2}$ toeſas [b]; y que la Eſtatica nos enſeña b pag.130. tambien, que las longitudes de los Pendulos, que oſcilan en iguales tiempos, ſon como las gravedades de los cuerpos; por lo qual la gravedad en *Quito*, es à la que ſe exerce en la Cumbre de *Pichincha* como 36 pulgadas 6.761, à 36 pulgadas 6.761—0.28. Tomando ahora el radio de la Tierra, ſegun *M. Caſsini* de 3269297 toeſas, debémos hallar eſta proporcion $\overline{3269297+954}^2 : \overline{3269297}^2 = 36°.$

6.

6.761 : 36°. 761—0.24; la qual no difiere mas que de $\frac{2}{100}$ de linea en la longitud del Pendulo en *Pichincha*; y aſsì, tambien las experiencias Phiſicas nos enſeñan, que los cuerpos gravan en razon inverſa de los quadrados de ſus diſtancias al centro.

Para reducir pues, ſegun eſto, la longitud del Pendulo en *Quito* al nivèl del Mar, dirémos $\overline{3269297}^2$ es à... $\overline{3269297+1517}^2$ como 36 pulg. 6.761 à 36 pulgadas 6.761+.412: eſto es, la longitud del Pendulo al nivèl del Mar en el Equador, es mayor que en *Quito* de 0.412 lineas; y aſsi ſerà aquella de 36 pulgadas 7.173 lineas.

Los que admiten la rotacion de la Tierra ſobre ſu Exe, corrigieran ahora eſta longitud, de lo que la fuerza centrifuga produce de menor efecto ſobre la de gravedad al nivèl del Mar, que à la elevacion de 1517 toeſas; lo que yo ſuprimo: pero por ſi alguno fuere curioſo de examinarlo, ſobra, que eſto no alargarà el Pendulo al Nivèl del Mar mas que de $\frac{1}{2000}$ de linea.

El Thermometro de *M. de Reaumur*, mientras ſe hicieron todas las experiencias, eſtuvo ſiempre entre 1012, y 1013; y aſsi ſe puede tomar el medio $1012\frac{1}{2}$ para comparar la longitud del Pendulo dada con qualquiera otra, haciendo atencion al grado de Calor, ò Frio, que dilata, ò comprime las toeſas, con que ſe midieron, ſegun tengo dicho en el Libro IV de la dilatacion, y compreſsion de los Metales, y ſegun operamos ultimamente con el Pendulo obſervado en *Pichincha*.

***

# CAPITULO IV.

## *De las Experiencias hechas en el* Cabo Francès, *ò* Guarìco, *y razon en que se hace la pesadèz.*

EN mi regresso à España por el Cabo de Hornos, arribamos, por estàr faltos de agua, y viveres, al Puerto del *Guarico*, en donde, interin se preparaba el Navio, emprendí algunas Observaciones, entre las quales me pareciò aproposito hacer las del Pendulo, para saber en què razon se hacen las pesadeces à distintas latitudes; servíme para ello de la misma Maquina, que tengo descrita; solo sì en lugar del duplo cono puse una Esphera de cobre, que hallè bastantemente redonda, cuyo Semidiametro era de 4.125 lineas, y pesaba 14 y medio adarmes, valiendome al mismo tiempo del propio hilo de Pita, que me sirviò en *Quito*. Segun estas dimensiones el centro de Oscilacion de la Esphera estaba mas baxo, que el de gravedad de 0.015 lineas; pero por motivo del hilo se levantaría de 0.035; de cuyas cantidades se han corregido las Observaciones siguientes.

Tabla de las Experiencias del Pendulo simple hechas en el *Guarìco*, ò *Cabo Francès.*

| Experiencias | Tiempo que duraron. | | Magn. de las Oscilaciones al prin. | fin | Lo que se atrassò, ò adelantò el Pendulo en 24 horas de tiempo medio. | | Longitud del Pendulo hasta lo mas baxo de la Bola. | | Longitud del Pendulo, que vibra los segundos de tiempo medio, resultante. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | h | ' | lin. | lin. | '' | | pulg. | lin. | pulg. | lin. |
| 1 | 1 | 07 | 12 | $\frac{2}{3}$ | 1231 | ad. | 35 | 11.236 | 36 | 7.24$\frac{1}{2}$ |
| 2 | 1 | 07 | 11 | $\frac{1}{2}$ | 1403 | | | 9.548 | 36 | 7.32$\frac{1}{3}$ |
| 3 | 1 | 19 | 18 | $\frac{1}{2}$ | 1399$\frac{1}{2}$ | | | 9.590 | | 7.34 |
| 4 | 1 | 12 | 16 | $\frac{1}{2}$ | 137$\frac{1}{2}$ | at. | 37 | 1.065 | | 7.52 |
| 5 | 1 | 02 | 12 | $\frac{1}{2}$ | 152 | | | 1.115 | | 7.42 |
| 6 | 0 | 52 | 10 | $\frac{1}{2}$ | 944$\frac{1}{3}$ | | | 9.220 | | 7.31 |
| 7 | 0 | 48 | 10 | 1 | 1260 | ad. | 35 | 10.905 | | 7.30 |
| 8 | 0 | 49 | 9 | 1 | 176$\frac{1}{2}$ | | 37 | 1.275 | | 7.33 |

El medio entre todas ( excluyendo la 4 por parecer excesiva ) dà la longitud del Pendulo ſimple, que vibra los ſegundos de tiempo medio en el *Guarico* de 36 pulgadas 7.32 lineas.

Quando hice eſtas experiencias carecì de Thermometro; pero para reducirlas à el grado de temperamento, en que eſtuvieren hechas otras, ſe puede ſuponer ſin yerro ſenſible, que ſe executaron al grado $1022\frac{1}{2}$, ò 1023 del Thermometro de *M. de Reaumur*, pues en todos aquellos Paíſes cercanos, donde ſe mantiene el temperamento igual, ſe ha obſervado quedar el licor à eſta altura; con lo qual la diferencia de temperamento quando ſe hicieron las experiencias en *Quito*, à quando ſe hicieron èſtas, es de 10 grados de Thermometro; à quienes correſponden, ſegun el Libro IV, por la media toeſa $\frac{13}{100}$ de linea; los quales añadidos à la determinacion de arriba, quedarà la longitud del Pendulo ſimple, que vibra los ſegundos de tiempo medio, reducida al grado del Thermometro $1012\frac{1}{2}$, de 36 pulgadas 7.45 lineas.

*M. Godin*, antes de ſalir de *Parìs*, obſervò la longitud del Pendulo, ſirviendoſe para examinarle de la miſma toeſa, de que nos ſervimos en *Quito*, que es una condicion muy buena para evitar la duda, que pudiera ofrecerſe, de ſi ſe dilataba, ò comprimía mas una toeſa, que otra, con el Calor, ò Frio, por ſer de diſtinto grueſſo, y ſolidèz, como tengo dicho Libro IV; y la hallò de 36 pulgadas $8\frac{50}{90}$ lineas, tomando un medio entre todas ſus Obſervaciones, en las quales ſe mantuvo el Thermometro à 1008, que hay de diferencia con la altura à que ſe mantuvo en las experiencias de *Quito* 4 y medio grados, que equivalen, ſegun la Tabla V Libro IV, à $\frac{4\frac{1}{2}}{100}$ de linea de compreſ-

ſion

sion en cada toesa; luego al Pendulo de *Parìs* le corresponden $\frac{2\frac{1}{4}}{100}$; y asì serà su longitud reducida al grado $1012\frac{1}{2}$ del Thermometro de 36 pulgadas 8.53 lineas.

*M. de Maupertuis* en su Viage à la *Lapponia* hallò, que el Pendulo simple, que vibra los segundos de tiempo medio en la Latitud $66^\circ\ 48'\ 20''$ es mayor, que en *Parìs* de $\frac{6}{10}$ de linea; por lo qual serà de 36 pulgadas 9.13 lineas, reducido asimismo al grado del Thermometro $1012\frac{1}{2}$.

Segun esto tenemos de cierto, que los Pendulos son de distinta longitud en distintas latitudes, y asimismo en diversas alturas sobre la superficie terraquea, como se viò en el Capitulo antecedente: y siendo esta longitud como las pesadeces de los cuerpos, segun enseña la Estatica, en suposicion de vibrar en iguales tiempos; se sigue, que la pesadèz de los cuerpos es distinta en distintas latitudes, y en diversas alturas sobre la superficie terraquea. Esto yà lo demonstramos en el Capitulo antecedente, haciendo vèr por experiencia, que las gravedades son como los quadrados de las distancias al centro *inversè*, lo que concuerda exactamente con la Hypothesis *Newtoniana*; pero no menos se hallarà en el aumento de pesadèz en distintas latitudes; la qual tambien dixo *M. Newton* (en la suposicion de la homogeneidad de la Tierra) que havia de exercerse segun los quadrados de los Senos de las latitudes; y aunque no lo advirtiò en la suposicion de ser heterogenea, lo hace vèr ultimamente *M. Clairaut* en la pagina 247. [a] Para acreditarlo, no es menester mas, que vèr si el quadrado del Seno de latitud de *Parìs* $48^\circ\ 50'$, es al



[a] Theorie de la Figure de la Terre tirée des principes de l' Hydrostatique.

quadrado del Seno de la latitud del *Guarìco* 19° 45′ 50″; como el excesso del Pendulo en *Parìs* sobre el del Equador 1.36, es al excesso del Pendulo en el *Guarìco* sobre el del Equador 0.28; y se hallarà, que esta proporcion es exacta à $\frac{1}{200}$ de linea de diferencia, que es à quanta exactitud se puede llegar en las experiencias.

De la misma manera si nos valémos de los Pendulos de *M. de Maupertuis*, observado en *Pello* del *Guarìco*, y del Equador; se hallarà esta proporcion confirmada à $\frac{3}{200}$ de linea de diferencia; solo sì sirviendonos del de *M. de Maupertuis*, del de *Parìs*, y Equador, resultan $\frac{6}{100}$ de linea de diferencia; pero sin embargo es esta cantidad despreciable.

## CAPITULO V.

### *Conclusion de la Figura de la Tierra.*

YA diximos en el Libro antecedente, como siendo desiguales los grados medidos en distintas latitudes, la Tierra no podìa ser Esphérica; y asimismo, que aumentando al passo que distan mas del Equador, havía de ser precisamente Lata: esto es, el Diametro del Equador mayor que el Exe; en cuya suposicion, y la de ser una perfecta Elipsoide, se diò la formula para deducir la razon, en que se hallan dichos Diametros. Esta la quieren hacer convenir los mas Authores, con la que dieren la longitud de los Pendulos de distintas latitudes, los unos valiendose de un principio, y los otros de otro; pero demonstrando *M. Clairaut*, en la pagina 141 [a], que la gravedad no se exerce segun la linea tirada al centro de la Tierra, es menester abandonar todas las Hypothesis, que hacen esta

a Theorie de la Figure de la Terre tirée des principes de l'Hydrostatique.

esta suposicion; con lo qual no nos quedarà mas, que la de las Atracciones de *M. Newton*, porque la que supone exercerse la gravedad, siempre perpendicularmente à una misma curva, no se tiene por muy natural.

Tambien demuestra el mismo *M.Clairaut* paginas 171, y 172, que en la Hypotesis de las Atracciones, si la Tierra fuera homogenea, sería una Elipsoide, y la razon de sus Exes la de 230 à 231; y asimismo pagina 209, que aunque no sea homogenea, serà una Elipsoide; pero que la razon de sus Exes serà en este caso menor que la de 230 à 231, siendo la materia mas densa al passo, que estè mas proxima al centro; proposicion veridica, aunque opuesta à la determinacion de *M. Newton* [a]. Siguiendo pues sus reglas, las formulas dadas en el Libro antecedente, para hallar la razon de los Diametros de la Tierra por los grados medidos, es válida. La que dà para hallar la misma razon por la medida de los Pendulos es $\frac{P-\pi}{\pi}=2\varepsilon-\delta$ [b]: de donde se deduce $\delta=2\varepsilon-\frac{P-\pi}{\pi}$; en la qual P expressa la longitud del Pendulo en el Polo; $\pi$ la longitud del mismo en el Equador; $\varepsilon$ la *Elipticidad* de la Tierra, en caso de ser homogenea, que llama al excesso del Diametro del Equador sobre el Exe, dividido por el mismo Exe, $=\frac{1}{230}$; y $\delta$ la *Elipticidad* en el caso de ser heterogenea. Si aplicamos pues à esta formula los Pendulos Observados, se hallarà la razon de los Diametros de la Tierra, que despues se verà no convenir con la que dieren los grados medidos; es pues preciso, que las suposiciones hechas no sean exactas,

a Philosophiæ naturalis principia Mathematica pagina 240.
b Theorie de la Figure de la Terre tirée des principes de l'Hydrostatique pag. 250.

tas, ò que haya algun yerro en las medidas, que yà notamos en el Libro antecedente. No podrémos assegurar lo uno, ni lo otro; pero siempre que los yerros, que se supusieren en las medidas, no salgan fuera de los limites en que estàn encerrados, parece que debemos aceptarlos prudentemente, y mas quando con ello conviene todo lo operado.

Supongamos pues, que el excesso de la longitud del Pendulo en el Polo sobre la del Equador sea solo de 2.16 lineas, lo qual redunda de suponerse

| La longitud del Pendulo | pulg. | lineas | | lineas |
|---|---|---|---|---|
| En el Equador de | 36 | 7.250 | mayor q̃ la observada | 0.077 |
| *Guarìco* | | 7.497 | | 0.047 |
| *Parìs* | | 8.475 | menor q̃ la observada | 0.045 |
| *Pello* | | 9.075 | | 0.000 |

Lo que juzgo, se puede admitir prudentemente en las Observaciones; y sirviendonos de estos valores, è introduciendolos en la formula dada, tendrémos $\delta = \frac{2}{230} - \frac{2.16}{439.25} = \frac{1}{265}$ con corta diferencia; segun lo qual, y lo dicho en el Corolario 9 del Libro antecedente, tendrèmos, 265 es à $\frac{3}{2}$, como el grado del Meridiano contiguo à el Equador, à la cantidad en que excede à èste el grado de Latitud 45°; ò como 530 à 3; y tambien (Corolario 12) el grado de Meridiano contiguo à el Equador, es la cantidad en que excede à èste el del mismo Equador como 265 à 2; lo que establecido, y tomando el grado de Meridiano contiguo à el Equador de 56800 toesas, se hallaràn los otros de los valores que se siguen.

Gra-

| | Grados de Meridiano | | |
|---|---|---|---|
| El contiguo al Eq. de | 56800 | toes. May. que el medido | 32 t. |
| de la Lat. 45° | 57121½ | | 71½ |
| de la Lat. 66° 29′ | 57343½ | Men. que el medido | 94½ |
| del Polo | 57443 | | |

| | Grados de Paralelos | |
|---|---|---|
| del Equa. | 57228½ | |
| del Paral. 43° 32′ | 41489½ | 128½ |

Este Paralelo lo midiò ultimamente *M. Cassini de Thury*, con el Abate *de la Caille*, quando fueron à verificar la Meridiana de la *Francia*; cuyas operaciones se pueden vèr en su Obra intitulada *La Meridienne de Paris verifiée*, pagina 106.

Entre las diferencias de los grados medidos, à los que se establecen, segun la theorica, y resolucion que damos de la Elipse; ò por mejor decir, entre los yerros notados, el que me parece mas considerable, es el de 94½ toesas en grado 66° 29″. Este pudiera proceder de haver determinado la amplitud del arco, por donde se concluyò de 6 segundos menor, que su legitimo valor; ò de solos 3 segundos de yerro en la verificacion del Sector, con que se hicieron las Observaciones Astronómicas. Ahora pues, si se considera, que son 3 segundos de yerro, no solo no se hallarà èste de momento, pero se admirarà la justificacion.

En quanto à las 128½ toesas de yerro en el Paralelo, deben resultar de 44 terceros de diferencia en tiempo, que huvieran producido solo el yerro de 1″ 23‴ en las Observaciones, que determinaron el grado, respeto de haverse me-

medido $1^{\circ}\ 53'\ 19''$; ò de ſolo $41\frac{1}{2}'''$ de equivocacion para cada uno de los dos Obſervadores. Vuelvaſe à conſidear, que ſon $41\frac{1}{2}'''$ de yerro, repartidos no ſolo en la Obſervacion, pero tambien en el examen del Pendulo, y ſe concluirà como antes.

Segun eſto, todas las Obſervaciones convienen en que la Tierra es una Elipſoide Lata, y ſu razon de Diametros la de 265 à 266; aunque en eſto ultimo ſe podrìan admitir algunas cortas alteraciones, ſegun los yerros, que ſe quiſieren ſuponer en las Obſervaciones.

Eſto eſtablecido, y el valor del grado del Equador ſiendo (como diximos) de $57228\frac{1}{2}$ toeſas; la circunferencia de eſte circulo tendrà 20602260 toeſas, ò $53079433\frac{2}{3}$ Varas Caſtellanas, y ſu Diametro 6557903 toeſas, ò $16895708\frac{1}{2}$ Varas; por lo qual, le tocan al Exe (ſegun la razon dada de 266 à 265) 6533249 toeſas, ò 16832190 Varas. Eſtarà pues el Equador mas diſtante del centro de la Tierra, que el Polo 12327 toeſas, ò $31759\frac{1}{4}$ Varas.

Para hallar la Periferia de los Meridianos, es neceſſario valerſe de la rectificacion de la Elipſe. Eſta la traen varios Authores, que tratan de Geometría ſublime, y de los calculos diferencial, è integral; pero las formulas, que dàn para ello, ſolo pueden ſervir, quando ſe buſcan Arcos pequeños de la Curva; pues queriendoſe valer de ellas para hallar todo el quadrante de la Elipſe, los terminos de la Serie, à que reducen dicha rectificacion, diſminuyen tan poco à poco, que es caſi impracticable la operacion. Con eſto me ha parecido, que pueden los Geometras guſtar de vèr el methodo, que yo he ſeguido de rectificar, ò hallar la Periferia de la Elipſe de la Tierra; pues en èl ſe evita el inconveniente que padecen los demàs: es pues el methodo el ſiguiente.

PRO-

# PROBLEMA.

Rectificar la Elipſe de los Meridianos de la Tierra, ò hallar la Periferia de èſtos.

Sea BECQ [a] la Elipſe, ò Meridiano de la Tierra, que ſe pretende rectificar; EQ el Diametro del Equador; y BC el Exe. Tireſe la linea GI paralela al Exe, è infinitamente inmediata à ella, y tambien la ON, aſsimiſmo paralela al Exe. Baxeſe la perpendicular NP, y ſean por lo preſente

[a] Fig. 14. Lam. 7.

$$DE = 1$$
$$DB = a$$
$$DG = x$$
$$GI = y$$
$$NP = dx$$
$$PI = dy$$

La equacion à la Elipſe ſerà con eſto $\frac{1}{a^2} y^2 = 1 - x^2$, y ſu diferencia $ydy = - a^2 x dx$; por lo qual $dy = \frac{-a^2 x dx}{y}$. De la equacion primera tenemos $y = a. (1 - x^2)^{\frac{1}{2}}$; luego $dy = \frac{-axdx}{(1-x^2)^{\frac{1}{2}}}$; y aſsì ſerà el pequeño arco IN = ..

$$(NP^2 + PI^2)^{\frac{1}{2}} = (dx^2 + dy^2)^{\frac{1}{2}} = \left(dx^2 + \frac{a^2x^2dx^2}{1-x^2}\right)^{\frac{1}{2}} = \ldots$$

$$dx. \frac{(1 - x^2 + a^2x^2)^{\frac{1}{2}}}{(1-x^2)^{\frac{1}{2}}} = (\text{ſuponiendo } 1 - a^2 = n^2) \ldots\ldots$$

$$dx. \frac{(1 - n^2x^2)^{\frac{1}{2}}}{(1-x^2)^{\frac{1}{2}}}.$$

Reduzcaſe ahora la cantidad $(1 - n^2x^2)^{\frac{1}{2}}$ à una Série infini-

Vu ca;

ta; y tendrémos $(1-n^2x)^{\frac{1}{2}}=1-\frac{n^2x^2}{2}-\frac{n^4x^4}{8}-\frac{n^6x^6}{16}-\frac{5n^8x^8}{128}$ -&c;

por lo qual $IN=dx.\frac{1-\frac{n^2x^2}{2}-\frac{n^4x^4}{8}-\frac{n^6x^6}{16}-\frac{5n^8x^8}{128}-\&c}{(1-x^2)^{\frac{1}{2}}}$

El primer termino es $\frac{dx}{(1-x^2)^{\frac{1}{2}}}$; que es la diferencia del arco de circulo, cuyo radio es 1; con que llamando esta diferencia $dA$, quedarà . . . . . . . . . . . .

$$IN=dA-dx.\frac{\frac{n^2x^2}{2}+\frac{n^4x^4}{8}+\frac{n^6x^6}{16}+\frac{5n^8x^8}{128}+\&c}{(1-x^2)^{\frac{1}{2}}}$$

Además de esto, reduciendo $(1-x^2)^{\frac{1}{2}}$ à una Série infinita, tenemos $(1-x^2)^{\frac{1}{2}}=1-\frac{x^2}{2}-\frac{x^4}{8}-\frac{x^6}{16}-\frac{5x^8}{128}$&c;

por lo qual $IN=dA-dx.\frac{\frac{n^2x^2}{2}+\frac{n^4x^4}{8}+\frac{n^6x^6}{16}+\frac{5n^8x^8}{128}+\&c}{1-\frac{x^2}{2}-\frac{x^4}{8}-\frac{x^6}{16}-\frac{5x^8}{128}-\&c}$

y partiendo una Série por la otra, resula . . . . . . . . .

$$IN=dA-dx.\left(\frac{n^2x^2}{2}+\frac{n^2+n^4}{8}x^4+\frac{3n^2+n^4+n^6}{16}x^6+\frac{20n^2+6n^4+4n^6+5n^8}{128}\right.$$

cuyo integral, serà el valor del arco BI: esto es, . . .

$$BI=A-\frac{n^2x^3}{6}-\frac{n^2+n^4}{40}x^5-\frac{3n^2+n^4+n^6}{112}x^7-\frac{20n^2+6n^4+4n^6+5n^8}{1152}x^9-\&$$

Esta formula es suficiente para hallar el valor de todo el quadrante de la Elipse BE, solo con suponer $x=1$; pero si assì se hace, los terminos disminuyen tan poco à poco, que es casi impracticable la operacion; y por esto recurrì à buscar el arco EI, suponiendo $EG=x$, y los demàs

màs valores como antes; en cuyo caso la equacion à la Elipse es $\frac{1}{a^2}y^2 = 2x - x^2$, y su diferencia $ydy = a^2.(dx - xdx)$; por lo qual $dy = \frac{a^2dx}{y}.(1 - x)$. De la equacion à la Elipse tenemos $y = a.(2x - x^2)^{\frac{1}{2}}$; luego $dy = \frac{adx.(1 - x)}{(2x - x^2)^{\frac{1}{2}}}$; y assi serà el pequeño arco IN $= \ldots$

$$(NP^2 + PI^2)^{\frac{1}{2}} = (dx^2 + dy^2)^{\frac{1}{2}} = \left(dx^2 + \frac{a^2dx^2.(1 - x)^2}{(2x - x^2)}\right)^{\frac{1}{2}} =$$

$$dx.\frac{\left(a^2 + (1 - a^2).(2x - x^2)\right)^{\frac{1}{2}}}{(2x - x^2)^{\frac{1}{2}}} = (\text{suponiendo } 1 - a^2 = n^2)$$

$$dx.\frac{\left(a^2 + n^2.(2x - x^2)\right)^{\frac{1}{2}}}{(2x - x^2)^{\frac{1}{2}}}.$$

Reduzcase ahora la cantidad $\left(a^2 + n^2.(2x - x^2)\right)^{\frac{1}{2}}$ à una Sèrie infinita, y tendrèmos . . . . . . . . . . . . . . . . .

$$\begin{aligned}\left(a^2 + n^2.(2x - x^2)\right)^{\frac{1}{2}} = a + \frac{n^2x}{a} &- \frac{n^4x^2}{4a^3} + \frac{n^6x^3}{2a^5} - \frac{5n^8x^4}{8a^7} + \&c \\ &- \frac{n^2x^2}{2a} + \frac{n^4x^3}{4a^3} - \frac{n^6x^4}{4a^5} + \&c \\ &\qquad\qquad\qquad\quad - \frac{n^4x^4}{8a^3} + \&c\end{aligned}$$

por lo qual . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

$$\begin{aligned}IN = \frac{dx}{(2x - x^2)^{\frac{1}{2}}}.a + \frac{n^2x}{a} &- \frac{n^4x^2}{4a^3} + \frac{n^6x^3}{2a^5} - \frac{5n^8x^4}{8a^7} + \&c \\ &- \frac{n^2x^2}{2a} + \frac{n\,x^3}{4a^3} - \frac{n^6x^4}{4a^5} + \&c \\ &\qquad\qquad\qquad\quad - \frac{n^4x^4}{8a^3} + \&c\end{aligned}$$

 el

el primer termino es $\frac{adx}{(2x - x^2)^{\frac{1}{2}}}$; que es la diferencia del arco de circulo, cuyo radio es $1$, multiplada por $a$; con que llamando esta diferencia $dB$, quedarà . . . . . . .

$$IN = dB + \frac{dx}{(2x - x^2)^{\frac{1}{2}}} \cdot \begin{array}{l} \frac{n^2x}{a} - \frac{n^4x^2}{4a^3} + \frac{n^6x^3}{2a^5} - \frac{5n^8x^4}{8a^7} + \&c \\ \qquad - \frac{n^2x^2}{2a} + \frac{n^4x^3}{4a^3} - \frac{n^6x^4}{4a^5} + \&c \\ \qquad\qquad\qquad - \frac{n^4x^4}{8a^3} + \&c \end{array}$$

Ademàs de esto, reduciendo $(2x - x^2)^{\frac{1}{2}}$ à una Série infinita, tenemos . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

$$(2x - x^2)^{\frac{1}{2}} = 2^{\frac{1}{2}}x^{\frac{1}{2}} - \frac{x^{\frac{3}{2}}}{2.2^{\frac{1}{2}}} - \frac{x^{\frac{5}{2}}}{16.2^{\frac{1}{2}}} - \frac{x^{\frac{7}{2}}}{64.2^{\frac{1}{2}}} - \frac{x^{\frac{2}{6}}}{1024.2^{\frac{1}{2}}} - \&c$$

por lo qual . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

$$IN = dB + dx. \frac{\begin{array}{l} \frac{n^2x}{a} - \frac{n^4x^2}{4a^3} + \frac{n^6x^3}{2a^5} - \frac{5n^8x^4}{8a^7} + \&c \\ \qquad - \frac{n^2x^2}{2a} + \frac{n^4x^3}{4a^3} - \frac{n^6x^4}{4a^5} + \&c \\ \qquad\qquad\qquad - \frac{n^4x^4}{8a^3} + \&c \end{array}}{2^{\frac{1}{2}}x^{\frac{1}{2}} - \frac{x^{\frac{3}{2}}}{2.2^{\frac{1}{2}}} - \frac{x^{\frac{5}{2}}}{16.2^{\frac{1}{2}}} - \frac{x^{\frac{7}{2}}}{64.2^{\frac{1}{2}}} - \frac{x^{\frac{9}{2}}}{1024.2^{\frac{1}{2}}} -}$$

y partiendo una Sèrie por la otra, resulta . . . . . . .

$$IN = dB + dx. \frac{n^2x^{\frac{1}{2}}}{a.2^{\frac{1}{2}}} - \frac{a^2 + n^2}{4a^3.2^{\frac{1}{2}}}n^2x^{\frac{3}{2}} - \frac{a^4 - 24a^4n^2 - 16n^4}{32a^5.2^{\frac{1}{2}}}n^2x^{\frac{5}{2}} - \frac{a^6 - 7a^4n^2 + 16a^2n^4 + 80n^6}{128a^7.2^{\frac{1}{2}}}n^2x^{\frac{7}{2}}$$

cuyo integral serà el valor del arco EI : esto es . . . .

EI

$$EI = B + \frac{2n^2x^{\frac{3}{2}}}{3a.2^{\frac{1}{2}}} - \frac{a^2+n^2}{10a.^3 2^{\frac{1}{2}}}n^2x^{\frac{5}{2}} - \frac{a^4-24a^2n^2-16a^2n^4}{112a^5.2^{\frac{1}{2}}}n^2x^{\frac{7}{2}} - \frac{a^6-7a^4n^2+16a^2n^4+80n^6}{576a^7.2^{\frac{1}{2}}}n^2x^{\frac{9}{2}} - \&c.$$

Hallados los valores de los dos arcos BI, EI, ſupongaſe dividida la DE en dos partes iguales en G ; y entonces tendrémos , para los dos valores de los arcos, $x = \frac{1}{2}$ ; y ſe reduciràn à . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

$$BI = A - \frac{n^2}{48} - \frac{2+n^2}{1280} - \frac{3+n^2+n^4}{14336}n^2 - \frac{20+6n^2+n^4+5n^6}{589884}n^2 - \&c$$

$$EI = B + \frac{n^2}{6a} - \frac{a^2+n^2}{80a^3}n^2 - \frac{a^4-24a^2n^2-16n^4}{1792a^5}n^2 - \frac{a^6-7a^4n^2+16a^2n^4+80n^6}{18432a^7}n^2 - \&c.$$

Si el calculo del arco BE , no ſe quiere llevar mas que à ſiete lugares de decimales , que es mas de lo ſuficiente para muy grande exactitud ; entonces la mayor parte de las cantidades de eſtas Séries ſon deſpreciables por infinitamente pequeñas ; y las utiles ſolo ſon . . . . . . . .

$$BI = A - \frac{n^2}{48} - \frac{n^2}{640} - \frac{3n^2}{14336} - \&c$$

$$EI = B + \frac{n^2}{6a} - \frac{n^2}{80a} - \frac{n^2}{1792a} - \frac{n^2}{18432a} - \&c.$$

Entremos ahora en el calculo numèrico. Haviendoſe ſupueſto la razon de Diametros la de 266 à 265 , tendrèmos $a = \frac{265}{266}$ ; y $1 - a^2 = n^2 = 1 \quad \overline{\frac{265}{266}}|^2 = \frac{531}{70756} = 0.0075046$ &c;

por lo qual

$$\frac{1}{48}n^2 = 0.0001564$$

$$\frac{1}{640}n^2 = 0.0000117$$

$$\frac{3}{14336}n^2 = 0.0000015$$

$$\frac{n^2}{48} + \frac{n^2}{640} + \frac{3n^2}{14336} = 0.0001696$$

Ade-

Además . . . . . . . . . . . . . . . . $\frac{1}{80}n^2 = 0.0000938$

$$\frac{1}{1792}n^2 = 0.0000042$$

$$\frac{1}{18432}n^2 = 0.0000004$$

luego $\frac{1}{80}n^2 + \frac{1}{1792}n^2 + \frac{1}{18432}n^2 = 0.0000984$

$$\frac{1}{6}n^2 = 0.0012507$$

luego $\frac{1}{6}n^2 - \frac{1}{80}n^2 - \frac{1}{1792}n^2 - \frac{1}{18432}n^2 = 0.0011523$

Esta cantidad partida por $a = \frac{265}{266}$ darà . . . . . . . .

$$\frac{n^2}{6a} - \frac{n^2}{80a} - \frac{n^2}{1792a} - \frac{n^2}{18432a} = 0.0011566$$

B es igual al arco de circulo de 60 grados, multiplicado por $a$.

El radio siendo 1, el arco de 60 grados es 1.0471975

con que multipli. por $a = \frac{265}{266}$; tendremos B $= 1.0432607$

A es igual al arco de circulo de 30 grad. $= 0.5235987$

del qual si se subst. $\frac{n^2}{48} + \frac{n^2}{640} + \frac{3n^2}{14336} = 0.0001696$

quedarà $A - \frac{n^2}{48} - \frac{n^2}{640} - \frac{3n^2}{14336} = 0.5234291$

añadase à esto B $= 1.0432607$

y tambien $\frac{n^2}{6a} - \frac{n^2}{80a} - \frac{n^2}{1792a} - \frac{n^2}{18432a} = 0.0011566$

y la Suma 1.5678464

serà el valor del Quadrante BE de la Elipse, suponiendo el Semidiametro DE del Equador igual à 1, ò el Quadran-

drante de eſte circulo igual à 1.5707963; y aſsì la circunferencia del Equador ſerà à la Periferia de los Meridianos de la Tierra como 15707963 à 15678464; y haviendoſe eſtablecido antes la circunferencia del Equador de 20602260 toeſas, la Periferia del Meridiano tendrà 20563570 de las miſmas toeſas. La Tierra pues rodeada Norte Sur, tendrà menos, que rodeada por encima del Equador 38690 toeſas, ò 90103 Varas Caſtellanas.

Con poco trabajo que ſe añada à las formulas antecedentes, ſe conſigue hallar el valor de qualquier porcion de Meridiano comprehendido entre qualeſquiera dos Latitudes dadas.

Si IN [a] ſe toma por el radio de un circulo, NP ſerà el Seno recto, y IP el Seno 2 de la Latitud del Lugar I; con que llamando eſtos Senos el primero S, y el ſegundo C, tendremos $\frac{S}{C} = \frac{dx}{dy}$; pero la equacion à la Elipſe . . [a] Fig. 14. Lam. 7.

$\frac{1}{a^2}y^2 = 1 - x^2$ nos diò antecedentemente . . . . . . . . .

$dy = \frac{-axdx}{(1-x^2)^{\frac{1}{2}}}$; luego $\frac{S}{C} = \frac{(1-x^2)^{\frac{1}{2}}}{-ax}$; de donde ſe deduce $x = \left(\frac{C^2}{C^2 + a^2S^2}\right)^{\frac{1}{2}}$.

Pongaſe eſte valor de $x$ en la formula . . . . . . .

$$BI = A - \frac{n^2x^3}{6} - \frac{n^2+n^4}{40}x^5 - \frac{3n^2+n^4+n^6}{112}x^7 - \frac{20n^2+6n^4+4n^6+5n^8}{1152}x \ \&c$$

y ſe hallarà qualquier porcion de arco de Meridiano como BI, comprehendido entre el Polo B, y la Latitud del Lugar I, cuyo Seno recto es S, y el ſegundo C.

O bien, pongaſe en la otra . . . . . . . . . . . . .

El

$$EI = B + \frac{2n^2x^{\frac{3}{2}}}{3a.2^{\frac{1}{2}}} - \frac{a^2 + n^2}{10a.^3 2^{\frac{1}{2}}} n^2 x^{\frac{5}{2}} - \frac{a^4 - 24a^2n^2 - 16n^4}{112a^5.2^{\frac{1}{2}}} n^2 x^{\frac{7}{2}} - \frac{a^6 - 7a^4n^2 + 16a^2n^4 + 80n^6}{576a^7.2^{\frac{1}{2}}} n^2 x^{\frac{9}{2}} - \&c.$$

en lugar de $x$ ſu cantidad correſpondiente $1 - \left(\frac{C^2}{C^2 + a^2S^2}\right)$ y ſe hallarà igualmente qualquiera porcion de arco de Meridiano como EI, comprehendido entre el Equador, y la Latitud del Lugar I.

El calculo numèrico es ſin embargo por eſte camino algo dilatado, ſi ſe quiere llevar à cierta exactitud; y por eſſo, es mejor ſervirſe del Corolario 7 del Libro antecedente, con el qual ſe calcùla facilmente el valor de cada grado del Meridiano; y formando una Tabla como la que ſe ſigue, ſe tiene por medio de la adicion, ò ſubſtraccion el valor de qualquiera arco.

Como el trabajo que ſe tiene para la formacion de eſta Tabla ſea el miſmo, que aquel, que debe emplearſe, para la formacion de otra, que mueſtre la longitud del Pendulo ſimple, que oſcila los ſegundos de tiempo medio en todas las Latitudes, no ſe ha querido omitir; pues con eſſo los que ſe aplicaren à las Experiencias, veràn ſi convienen las ſuyas, con las que aquì ſe indicaren.

La 1ª, 4ª, y 7ª Colunas de la primera Tabla mueſtran la Latitud de los Lugares deſde el Equador, ò Cero grados haſta el Polo; la 2ª, 5ª, y 8ª el valor de cada grado de Meridiano en toeſas del *piè de Rey de Parìs*; ò de otra ſuerte, el numero de toeſas, que ſe incluyen entre grado, y grado de las Latitudes, que indican las Colunas antecedentes; y la 3ª, 6ª, y 9ª contienen el valor de los Arcos de Meridiano, empezando deſde el Equador: eſto es, las toeſas, que ſe incluyen deſ-

desde el Equador hasta la Latitud, que indican las Colunas 1ª, 4ª, y 7ª.

En la Tabla segunda, las Colunas 1ª, 3ª, y 5ª muestran la Latitud de los Lugares desde el Equador hasta el Polo; y las 2ª, 4ª, y 6ª la longitud, que debe tener el Pendulo simple, en pulgadas, lineas, y milesimos de estas del *piè de Rey de Parìs*, en dichos Lugares, para que vibre los segundos de tiempo medio.

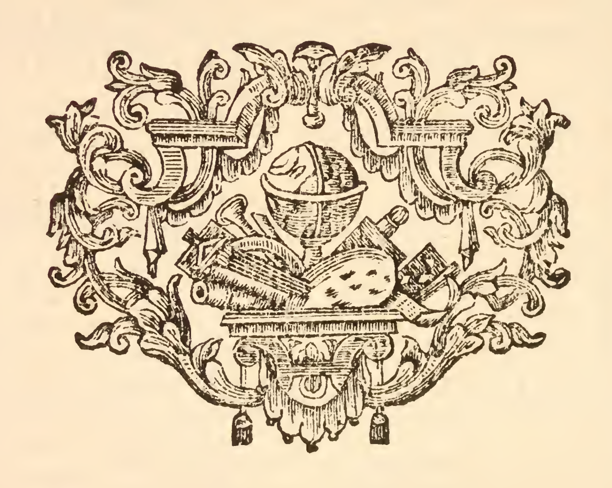


Tabla del valor de los grados, y Arcos del Meridiano terreſtre en toeſas del *piè de Rey de Parìs.*

| Latitud | Valor de los grados del Meridiano | Valor de los Arcos del Meridiano | Latitud | Valor de los grados del Meridiano | Valor de los Arcos del Meridiano | Latitud | Valor de los grados del Meridiano | Valor de los Arcos del Meridiano |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Toeſas | Toeſas | | Toeſas | Toeſas | | Toeſas | Toeſas |
| 0° | 56800 | 00000 | 30 | 56965 | 1705655½ | 60 | 57287 | 3419285½ |
| 1 | 56800½ | 56800 | 31 | 56975 | 1762620½ | 61 | 57296 | 3476572½ |
| 2 | 56801 | 113600½ | 32 | 56985 | 1819595½ | 62 | 57305 | 3533868½ |
| 3 | 56802 | 170401½ | 33 | 56995 | 1876580½ | 63 | 57314 | 3591173½ |
| 4 | 56803 | 227203½ | 34 | 57006 | 1933575½ | 64 | 57323 | 3648487½ |
| 5 | 56805 | 284006 | 35 | 57016 | 1990581½ | 65 | 57332 | 3705810½ |
| 6 | 56808 | 340811½ | 36 | 57027 | 2047597½ | 66 | 57340 | 3763142½ |
| 7 | 56810 | 397619½ | 37 | 57038 | 2104624½ | 67 | 57348 | 3820482½ |
| 8 | 56813 | 454429½ | 38 | 57049 | 2161662½ | 68 | 57356 | 3877830½ |
| 9 | 56817 | 511242½ | 39 | 57060 | 2218711½ | 69 | 57364 | 3935186½ |
| 10 | 56821 | 568059½ | 40 | 57071 | 2275771½ | 70 | 57371 | 3992550½ |
| 11 | 56825 | 624880½ | 41 | 57082 | 2332842½ | 71 | 57378 | 4049921½ |
| 12 | 56830 | 681705½ | 42 | 57093 | 2389924½ | 72 | 57384 | 4107299½ |
| 13 | 56835 | 738535½ | 43 | 57104 | 2447017½ | 73 | 57391 | 4164683½ |
| 14 | 56840 | 795370½ | 44 | 57115 | 2504121½ | 74 | 57397 | 4222074½ |
| 15 | 56846 | 852210½ | 45 | 57127 | 2561236½ | 75 | 57402 | 4279471½ |
| 16 | 56851 | 909056½ | 46 | 57138 | 2618363½ | 76 | 57407½ | 4336873½ |
| 17 | 56858 | 965907½ | 47 | 57149 | 2675501½ | 77 | 57412 | 4394281 |
| 18 | 56864 | 1022765½ | 48 | 57160 | 2732650½ | 78 | 57417½ | 4451693 |
| 19 | 56871 | 1079629½ | 49 | 57171 | 2789810½ | 79 | 57421 | 4509110½ |
| 20 | 56878 | 1136500½ | 50 | 57182 | 2846981½ | 80 | 57425 | 4566531½ |
| 21 | 56886 | 1193378½ | 51 | 57193 | 2904163½ | 81 | 57428½ | 4623956½ |
| 22 | 56894 | 1250264½ | 52 | 57204 | 2961356½ | 82 | 57432 | 4681385 |
| 23 | 56902 | 1307158½ | 53 | 57215 | 3018560½ | 83 | 57434 | 4738817 |
| 24 | 56910 | 1364060½ | 54 | 57226 | 3075775½ | 84 | 57437 | 4796251 |
| 25 | 56919 | 1420970½ | 55 | 57236 | 3133001½ | 85 | 57438½ | 4853688 |
| 26 | 56928 | 1477889½ | 56 | 57247 | 3190237½ | 86 | 57440 | 4911126½ |
| 27 | 56937 | 1534817½ | 57 | 57257 | 3247484½ | 87 | 57441 | 4968566½ |
| 28 | 56946 | 1591754½ | 58 | 57267 | 3304741½ | 88 | 57442 | 5026007½ |
| 29 | 56955 | 1648700½ | 59 | 57277 | 3362008½ | 89 | 57443 | 5083449½ |
| 30 | | 1705655½ | 60 | | 3419285½ | 90 | | 5140892½ |

Ta-

Tabla, que demuestra la Longitud del Pendulo simple, que vibra los segundos de tiempo medio en todos los grados de Latitud de la superficie terrestre, en pulgadas, lineas, y milessimos de linea del *piè de Rey de Parìs*

| Latit. | Longitud del Pendulo | | Latit. | Longitud del Pendulo | | Latit. | Longitud del Pendulo | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | pul. | lineas | | pul. | lineas | | pul. | lineas |
| 0° | 36. | 7.250 | 30 | 36. | 7.790 | 60 | 36. | 8.870 |
| 1 | | 250 | 31 | | 823 | 61 | | 902 |
| 2 | | 253 | 32 | | 856 | 62 | | 934 |
| 3 | | 256 | 33 | | 890 | 63 | | 965 |
| 4 | | 261 | 34 | | 925 | 64 | | 995 |
| 5 | | 266 | 35 | | 960 | 65 | | 9.025 |
| 6 | | 274 | 36 | | 996 | 66 | | 053 |
| 7 | | 282 | 37 | | 8.032 | 67 | | 080 |
| 8 | | 292 | 38 | | 069 | 68 | | 106 |
| 9 | | 303 | 39 | | 105 | 69 | | 132 |
| 10 | | 315 | 40 | | 142 | 70 | | 157 |
| 11 | | 328 | 41 | | 180 | 71 | | 181 |
| 12 | | 343 | 42 | | 217 | 72 | | 203 |
| 13 | | 359 | 43 | | 254 | 73 | | 225 |
| 14 | | 376 | 44 | | 292 | 74 | | 246 |
| 15 | | 395 | 45 | | 330 | 75 | | 265 |
| 16 | | 414 | 46 | | 367 | 76 | | 283 |
| 17 | | 435 | 47 | | 405 | 77 | | 300 |
| 18 | | 456 | 48 | | 443 | 78 | | 316 |
| 19 | | 479 | 49 | | 480 | 79 | | 331 |
| 20 | | 503 | 50 | | 517 | 80 | | 345 |
| 21 | | 527 | 51 | | 554 | 81 | | 357 |
| 22 | | 553 | 52 | | 591 | 82 | | 368 |
| 23 | | 580 | 53 | | 627 | 83 | | 378 |
| 24 | | 607 | 54 | | 663 | 84 | | 386 |
| 25 | | 636 | 55 | | 699 | 85 | | 393 |
| 26 | | 665 | 56 | | 734 | 86 | | 399 |
| 27 | | 695 | 57 | | 769 | 87 | | 404 |
| 28 | | 726 | 58 | | 803 | 88 | | 407 |
| 29 | | 758 | 56 | | 837 | 89 | | 409 |
| 30 | | 790 | 60 | | 870 | 90 | | 410 |

# LIBRO IX.

## De la Navegacion ſobre la Elipſoide.

### CAPITULO I.

*Correccion, que ſe debe hacer à la Navegacion, y à la Tabla de partes Meridionales.*

YA vimos en el Libro antecedente, como la Tierra es una Elipſoide Lata, cuya razon de Diametros es la de 266 à 265; ahora pues es muy conducente, y aun neceſſario manifeſtar à los Marineros, como no es lo proprio navegar ſobre ella, que ſobre una perfecta Eſphera, cuya figura ſe le ha atribuìdo haſta el preſente à la Tierra; y aſsimiſmo dàr el methodo de practicarlo, en la que ultimamente hemos reſuelto; y para ello eſcuſarémos quanto fuere dable los terminos geomètricos, los quales no ſirvieran ſino de confundir à los Marineros, y meramente practicos.

[a] Lam. 7. La figura de la Tierra Lata, y ſemejante à la 14 [a], la concluìmos en el Libro VII, debaxo del principio de ſer los grados del Meridiano mayores, al paſſo que ſe apartan del Equador; pues tal ſe ha viſto, y encontrado por todas las medidas modernas, hechas con todo el cuydado, y aplicacion, que hemos viſto: y de la miſma figura ſe deduxo, que los grados del Equador ſon mayores, que ſus contiguos de Meridiano: luego ſi el Piloto navega, debaxo

xo del supuesto de que son iguales, no puede dexar de encontrar yerro en sus operaciones. Si le dà à la corredera la distancia entre nudo, y nudo correspondiente al grado mayor de la Tierra 57443 toesas, que es el del Polo, en navegando Norte Sur en las cercanìas del Equador, es preciso que encuentre las distancias menores de lo que hace su computo; y al contrario, si le dà à la corredera la distancia entre nudo, y nudo correspondiente al menor grado 56800 toesas, que es el contiguo à el Equador.

Procediendo toda la alteracion, que nos dà esta nueva resolucion, solo de la desigualdad de los grados, la mayor diferencia en la navegacion consistirà, segun lo dicho, en 643 toesas, que el grado del Meridiano en el Polo tiene demàs, que el contiguo à el Equador; diferencia, que ciertamente despreciaràn la mayor parte de Pilotos, pues de ordinario estàn hechos en su practica, à hacer poco caso de cantidades mayores; pero esto, bien lexos de hacerlos dignos de elogio, merece la mayor reprehension, si se mira el peligro, que de ordinario nos manifiesta, y en que muchas veces nos hace caer el Mar.

No fuera yo sin embargo del parecer, que admitieran ninguna correccion corta, quando èsta les pidiera, que aumentassen su trabajo de forma, que les impidiesse su primera atencion, y cuidado, que es el del Timòn; pero quando en esto no se dà alteracion alguna, y el Piloto concluirà su derrota en el mismo tiempo en que antes lo hacìa, no encuentro motivo para que abandonen lo demonstrado por seguir su antigua, y errada idèa.

No recayendo la correccion, que pretendèmos hacer, como hemos dicho, mas que sobre la medida de los grados, no tienen que alterarse los fundamentos de la navega-

gacion ; y ſobre ellos podrà el Piloto hacer ſus operaciones en adelante , de igual forma , que antes , con ſolo atender à eſta desigualdad,y alterar la magnitud de los grados en la Carta Eſphérica , y Tabla de partes Meridionales, que ſon las unicas guias por las quales ſe lleva exactamente un diario en la navegacion. Debemos ſu invencion à *M. Eduardo Wright* , quien por ella repreſentò con toda juſticacion la Eſphera en plano : conſiſte en eſtablecer los Meridianos paralelos los unos à los otros , y por conſiguiente todos los grados de Longitud iguales ; y como la propriedad de las lineas de Rumbos ſea la de formar iguales angulos con todos los Meridianos , eſtas lineas que en la Eſphera ſon Eſpirales , vienen en la proyeccion rectas ; lo que facilita à los Pilotos , el modo de hallar , à què Rumbo quedan unos lugares de otros ; pero para conſervar *M. Eduardo Wright* la razon , que tienen entre sì los grados de Longitud con los de Latitud , aumentò èſtos en la miſma razon , que havìa aumentado los de los paralelos : eſto es , como los Senos de los complementos de Latitud ſon al Radio , ò como el Radio es à las Secantes de las Latitudes.

Los grados de los Meridianos en eſta proyeccion ſobre la Eſphera , ſiendo mayores que los del Equador , contienen mayor numero de partes iguales , en que ſe dividen èſtos , que ſon las que llamamos Meridionales. La cantidad de èſtas , que encierra qualquier arco de Meridiano, *M. Eduardo Wright* la dedùxo ſumando todas las Secantes contenidas en el miſmo arco ; y como cada parte la tomò por un minuto del Equador , ſe reduxo eſto à ſumar todas las Secantes de 1′ , 2′ , 3′ , &c minutos, que comprehendìa el arco, con lo qual formò la Tabla, que haſta hoy llama-

mamos de partes Meridionales,que es la que se usa con gran propiedad en la practica de la navegacion, por los Pilotos perítos, y zelosos. El methodo de formar esta Tabla se ha hecho despues de la invencion de los infinitos, sumamente facil, y exacta, y por ellos se evita el molesto trabajo, que tendrìa en construirla su primer Author; sobre lo qual no nos detendrèmos, estando explicado por varios Estrangeros, y no siendo de nuestro assunto.

La misma proyeccion pues, que *M. Wright* le diò à la Esphera, podemos darle nosotros à la Elipsoide; porque aunque en esta no sean los grados de Meridiano iguales, no quita para que los aumentèmos en la misma razon, que tiene el Radio con las Secantes de las Latitudes, dexando tambien los Meridianos, paralelos, y los grados de Longitud todos iguales al del Equador, que yà establecìmos de $57228\frac{1}{2}$ toesas.

Esta operacion se vè yà practicada por *M. Murdoch* en un Tomo, que diò à luz intitulado *Nuevas Tablas Loxodromicas*, en el qual no solo dà el methodo de construir la Tabla de partes Meridionales de la Elipsoide por medio de las Séries infinitas, sino tambien una Tabla yà construìda de las mismas partes para cada grado; y aunque debemos apreciar su Obra, sin embargo, no la dà con la extension, que necessita la navegacion, y ademàs la Elipticidad, que supuso en la Elipsoide, es mayor, que la que verdaderamente tiene la Tierra. El methodo, que dà el mismo Author, para la construccion de las Tablas, es ciertamente muy geometrico; pero sin embargo, confiessa en la pagina 104 de la traduccion Francesa, que la solucion que diò *M. Mac-Laurin* al Problema, es mucho mas elegante, y facil. Este Geometra la dà en su tratado de *Fluxiones*, des-

desde el Parrafo 895 hasta el 899, donde lo puede vèr el curioso, pues aquì bastarà decir, que consiste, en que suponiendo

$V =$ al Seno del arco de quien se buscan las partes Meridionales en la Elipsoide

$T =$ à la Tangente de la mitad del complemento del mismo arco

$b =$ à el Radio del Equador

$a =$ à el Semi-Exe

$c = (b^2 - a^2)^{\frac{1}{2}}$

$u = \frac{c}{b} V =$ à el Seno de otro arco

$t =$ à la Tangente de la mitad del complemento del arco antecedente

el Logarithmo Hyperbolico de $\frac{b}{T}$ seràn las partes Meridionales del arco, cuyo Seno es V en la Esphera; y el Logarithmo Hyperbolico de $\frac{b}{T}$, menos el Logarithmo Hyperbolico de $\frac{b}{t}$, multiplicado por $\frac{c}{b}$, seràn las partes Meridionales del arco, cuyo Seno es V en la Elipsoide; de donde concluye un methodo facil, de deducir las partes Meridionales de la Elipsoide, por las yà construìdas de la Esphera; porque el Logarithmo Hyperbolico de $\frac{b}{t}$ son las partes Meridionales en la Esphera del arco, cuyo Seno ès $u$; con que multiplicando èstas por $\frac{c}{b}$, y substrayendo el producto de las partes Meridionales en la Esphera, cuyo Seno es V, el residuo seràn las partes en la Elipsoide, cuyo Seno es tambien V.

Con

Con esta guia podémos calcular nueva Tabla de partes Meridionales, que servirà para hallar la Longitud sobre la Elipsoide; de la qual se pueden servir como de ordinario los Pilotos, sin que se les siga por ello mayor trabajo, y consiguiendo sin embargo mayor exactitud. Para ello, no tenemos mas, que deducir del Libro antecedente los valores, que les corresponden à las Letras de *M. de Mac-Laurin* *b*, y *c*; pero si se procede con atencion, se verà, que no es necessario mas, que hallar la razon en que estàn estas Letras, para concluir el valor de *u*, que es lo que se necessita.

Establecímos $a = 265$
$b = 266$

luego $c = (b^2 - a^2)^{\frac{1}{2}} = 23.04+$. Es pues *b* à *c*, como 266 à 23.04+; ò como 11.54+, à 1. Con esto calcularémos las partes Meridionales de los arcos de 60°, y 70°, que servirà de exemplo, para concebir mejor el methodo de construir toda la Tabla.

| | |
|---|---|
| Del Logarithmo de 60° | 9.93753,06317 |
| substraigase el Logarithmo de 11.54+ | 1.06233,43761 |
| y quedarà el Logarithmo del Seno de *u* | 8.87519,62576 |
| Las partes Meridionales del arco, cuyo Seno es *u*, son 258.4095, y su Logarithmo | 2.41230,84738 |
| del qual se substrae el Logarit.de 11.54 | 1.09233,43761 |
| quedarà el Logarithmo de 22.3858 | 1.34997,40977 |

| | |
|---|---|
| De las partes Merid. en la Esph. del arco 60° | 4527.3677 |
| substraiganse | 22.3858 |
| y quedaràn las partes Meridionales en la Elipsoide del arco 60° | 4504.9819 |

| | |
|---|---|
| Del Logarithmo de 70° | 9.97298,58164 |
| substraiganse el Logarithmo de 11.54 | 1.06233,43761 |
| y quedarà el Logarithmo del Seno de *u* | 8.91065,14403 |
| Las partes Meridionales del arco, cuyo Seno es *u*, son 280.4772, y su Logatith. | 2.44789,75583 |
| del qual si se substrae el Log. de 11.54 | 1.06233,43761 |
| quedarà el Logarithmo de 24.2976 | 1.38556,31822 |

| | |
|---|---|
| De las partes Meridionales en la Esphera del arco 70° | 5965.9179 |
| substraiganse | 24.2976 |
| y quedaràn las partes Meridionales en la Elipsoide del arco 70° | 5941.6203 |

Con igual proceder se ha construìdo la Tabla siguiente, que servirà para el uso practico.

NUE-

# NUEVA
# T A B L A
## DE
# PARTES MERIDIONALES
## PARA LA ELIPSOIDE,

Cuya razon de Diametros es la de 266 à 265.

| Minutos. | 0° Partes Meridionales. | 1° Partes Meridionales. | 2° Partes Meridionales. | 3° Partes Meridionales. | 4° Partes Meridionales. | 5° Partes Meridionales. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 00001.0 | 60.5 | 120.1 | 179.7 | 239.4 | 299.1 |
| 2 | 2.0 | 61.5 | 121.1 | 180.7 | 240.4 | 300.1 |
| 3 | 3.0 | 62.5 | 122.1 | 181.7 | 241.4 | 301.1 |
| 4 | 4.0 | 63.5 | 123.1 | 182.7 | 242.4 | 302.1 |
| 5 | 5.0 | 64.5 | 124.1 | 183.7 | 243.4 | 303.1 |
| 6 | 6.0 | 65.5 | 125.1 | 184.7 | 244.4 | 304.1 |
| 7 | 6.9 | 66.5 | 126.1 | 185.7 | 245.4 | 305.1 |
| 8 | 7.9 | 67.5 | 127.1 | 186.7 | 246.4 | 306.1 |
| 9 | 8.9 | 68.5 | 128.1 | 187.7 | 247.4 | 307.1 |
| 10 | 9.9 | 69.5 | 129.1 | 188.7 | 248.3 | 308.1 |
| 11 | 10.9 | 70.5 | 130.0 | 189.7 | 249.3 | 309.1 |
| 12 | 11.9 | 71.5 | 131.0 | 190.7 | 250.3 | 310.1 |
| 13 | 12.9 | 72.5 | 132.0 | 191.7 | 251.3 | 311.1 |
| 14 | 13.9 | 73.5 | 133.0 | 192.6 | 252.3 | 312.1 |
| 15 | 14.9 | 74.4 | 134.0 | 193.6 | 253.3 | 313.1 |
| 16 | 15.9 | 75.4 | 135.0 | 194.6 | 254.3 | 314.1 |
| 17 | 16.9 | 76.4 | 136.0 | 195.6 | 255.3 | 315.1 |
| 18 | 17.9 | 77.4 | 137.0 | 196.6 | 256.3 | 316.1 |
| 19 | 18.9 | 78.4 | 138.0 | 197.6 | 257.3 | 317.1 |
| 20 | 19.8 | 79.4 | 139.0 | 198.6 | 258.3 | 318.1 |
| 21 | 20.8 | 80.4 | 140.0 | 199.6 | 259.3 | 319.1 |
| 22 | 21.8 | 81.4 | 141.0 | 200.6 | 260.3 | 320.1 |
| 23 | 22.8 | 82.4 | 142.0 | 201.6 | 261.3 | 321.1 |
| 24 | 23.8 | 83.4 | 143.0 | 202.6 | 262.3 | 322.1 |
| 25 | 24.8 | 84.4 | 144.0 | 203.6 | 263.3 | 323.1 |
| 26 | 25.8 | 85.4 | 144.9 | 204.6 | 264.3 | 324.0 |
| 27 | 26.8 | 86.3 | 145.9 | 205.6 | 265.3 | 325.0 |
| 28 | 27.8 | 87.3 | 146.9 | 206.6 | 266.3 | 326.0 |
| 29 | 28.8 | 88.3 | 147.9 | 207.6 | 267.3 | 327.0 |
| 30 | 29.8 | 89.3 | 148.9 | 208.6 | 268.3 | 328.0 |

| Minutos. | 0° Partes Meridionales. | 1° Partes Meridionales. | 2° Partes Meridionales. | 3° Partes Meridionales. | 4° Partes Meridionales. | 5° Partes Meridionales. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 31 | 30.8 | 90.3 | 149.9 | 209.6 | 269.2 | 329.0 |
| 32 | 31.8 | 91.3 | 150.9 | 210.5 | 270.2 | 330.0 |
| 33 | 32.8 | 92.3 | 151.9 | 211.5 | 271.2 | 331.0 |
| 34 | 33.7 | 93.3 | 152.9 | 212.5 | 272.2 | 332.0 |
| 35 | 34.7 | 94.3 | 153.9 | 213.5 | 273.2 | 333.0 |
| 36 | 35.7 | 95.3 | 154.9 | 214.5 | 274.2 | 334.0 |
| 37 | 36.7 | 96.3 | 155.9 | 215.5 | 275.2 | 335.0 |
| 38 | 37.7 | 97.3 | 156.9 | 216.5 | 276.2 | 336.0 |
| 39 | 38.7 | 98.3 | 157.9 | 217.5 | 277.2 | 337.0 |
| 40 | 39.7 | 99.3 | 158.9 | 218.5 | 278.2 | 338.0 |
| 41 | 40.7 | 100.3 | 159.9 | 219.5 | 279.2 | 339.0 |
| 42 | 41.7 | 101.2 | 160.8 | 220.5 | 280.2 | 340.0 |
| 43 | 42.7 | 102.2 | 161.8 | 221.5 | 281.2 | 341.0 |
| 44 | 43.7 | 103.2 | 162.8 | 222.5 | 282.2 | 342.0 |
| 45 | 44.7 | 104.2 | 163.8 | 223.5 | 283.2 | 343.0 |
| 46 | 45.7 | 105.2 | 164.8 | 224.5 | 284.2 | 344.0 |
| 47 | 46.6 | 106.2 | 165.8 | 225.5 | 285.2 | 345.0 |
| 48 | 47.6 | 107.2 | 166.8 | 226.5 | 286.2 | 346.0 |
| 49 | 48.6 | 108.2 | 167.8 | 227.5 | 287.2 | 347.0 |
| 50 | 49.6 | 109.2 | 168.8 | 228.4 | 288.2 | 348.0 |
| 51 | 50.6 | 110.2 | 169.8 | 229.4 | 289.2 | 349.0 |
| 52 | 51.6 | 111.2 | 170.8 | 230.4 | 290.2 | 350.0 |
| 53 | 52.6 | 112.2 | 171.8 | 231.4 | 291.2 | 351.0 |
| 54 | 53.6 | 113.2 | 172.8 | 232.4 | 292.2 | 352.0 |
| 55 | 54.6 | 114.2 | 173.8 | 233.4 | 293.2 | 353.0 |
| 56 | 55.6 | 115.2 | 174.8 | 234.4 | 294.1 | 354.0 |
| 57 | 56.6 | 116.1 | 175.8 | 235.4 | 295.1 | 355.0 |
| 58 | 57.6 | 117.1 | 176.7 | 236.4 | 296.1 | 356.0 |
| 59 | 58.6 | 118.1 | 177.7 | 237.4 | 297.1 | 357.0 |
| 60 | 59.6 | 119.1 | 178.7 | 238.4 | 298.1 | 358.0 |

| Minutos. | 6° Partes Meridionales. | 7° Partes Meridionales | 8° Partes Meridionales. | 9° Partes Meridionales. | 10° Partes Meridionales. | 11° Partes Meridionales. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 359.0 | 418.9 | 479.0 | 539.2 | 599.6 | 660.2 |
| 2 | 360.0 | 419.9 | 480.0 | 540.2 | 600.6 | 661.2 |
| 3 | 361.0 | 420.9 | 481.0 | 541.2 | 601.6 | 662.2 |
| 4 | 362.0 | 421.9 | 482.0 | 542.2 | 602.6 | 663.2 |
| 5 | 363.0 | 422.9 | 483.0 | 543.2 | 603.6 | 664.2 |
| 6 | 363.9 | 423.9 | 484.0 | 544.2 | 604.6 | 665.2 |
| 7 | 364.9 | 424.9 | 485.0 | 545.2 | 605.6 | 666.2 |
| 8 | 365.9 | 425.9 | 486.0 | 546.2 | 606.6 | 667.3 |
| 9 | 366.9 | 426.9 | 487.0 | 547.2 | 607.7 | 668.3 |
| 10 | 367.9 | 427.9 | 488.0 | 548.2 | 608.7 | 669.3 |
| 11 | 368.9 | 428.9 | 489.0 | 549.2 | 609.7 | 670.3 |
| 12 | 369.9 | 429.9 | 490.0 | 550.2 | 610.7 | 671.3 |
| 13 | 370.9 | 430.9 | 491.0 | 551.3 | 611.7 | 672.3 |
| 14 | 371.9 | 431.9 | 492.0 | 552.3 | 612.7 | 673.3 |
| 15 | 372.9 | 432.9 | 493.0 | 553.3 | 613.7 | 674.3 |
| 16 | 373.9 | 433.9 | 494.0 | 554.3 | 614.7 | 675.4 |
| 17 | 374.9 | 434.9 | 495.0 | 555.3 | 615.7 | 676.4 |
| 18 | 375.9 | 435.9 | 496.0 | 556.3 | 616.7 | 677.4 |
| 19 | 376.9 | 436.9 | 497.0 | 557.3 | 617.7 | 678.4 |
| 20 | 377.9 | 437.9 | 498.0 | 558.3 | 618.8 | 679.4 |
| 21 | 378.9 | 438.9 | 499.0 | 559.3 | 619.8 | 680.4 |
| 22 | 379.9 | 439.9 | 500.0 | 560.3 | 620.8 | 681.4 |
| 23 | 380.9 | 440.9 | 501.0 | 561.3 | 621.8 | 682.4 |
| 24 | 381.9 | 441.9 | 502.0 | 562.3 | 622.8 | 683.5 |
| 25 | 382.9 | 442.9 | 503.0 | 563.3 | 623.8 | 684.5 |
| 26 | 383.9 | 443.9 | 504.0 | 564.3 | 624.8 | 685.5 |
| 27 | 384.9 | 444.9 | 505.0 | 565.3 | 625.8 | 686.5 |
| 28 | 385.9 | 445.9 | 506.1 | 566.3 | 626.8 | 687.5 |
| 29 | 386.9 | 446.9 | 507.1 | 567.4 | 627.8 | 688.5 |
| 30 | 387.9 | 447.9 | 508.1 | 568.4 | 628.8 | 689.5 |

| Minutos. | 6° Partes Meridionales | 7° Partes Meridionales. | 8° Partes Meridionales. | 9° Partes Meridionales. | 10° Partes Meridionales. | 11° Partes Meridionales. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 31 | 388.9 | 448.9 | 509.1 | 569.4 | 629.9 | 690.5 |
| 32 | 389.9 | 449.9 | 510.1 | 570.4 | 630.9 | 691.6 |
| 33 | 390.9 | 450.9 | 511.1 | 571.4 | 631.9 | 692.6 |
| 34 | 391.9 | 451.9 | 512.1 | 572.4 | 632.9 | 693.6 |
| 35 | 392.2 | 452.9 | 513.1 | 573.4 | 633.9 | 694.6 |
| 36 | 393.9 | 453.9 | 514.1 | 574.4 | 634.9 | 695.6 |
| 37 | 394.9 | 454.9 | 515.1 | 575.4 | 635.9 | 696.6 |
| 38 | 395.9 | 455.9 | 516.1 | 576.4 | 636.9 | 697.6 |
| 39 | 396.9 | 456.9 | 517.1 | 577.4 | 637.9 | 698.7 |
| 40 | 397.9 | 457.9 | 518.1 | 578.4 | 638.9 | 699.7 |
| 41 | 398.9 | 458.9 | 519.1 | 579.4 | 640.0 | 700.7 |
| 42 | 399.9 | 459.9 | 520.1 | 580.4 | 641.0 | 701.7 |
| 43 | 400.9 | 460.9 | 521.1 | 581.4 | 642.0 | 702.7 |
| 44 | 401.9 | 461.9 | 522.1 | 582.5 | 643.0 | 703.7 |
| 45 | 402.9 | 462.9 | 523.1 | 583.5 | 644.0 | 704.7 |
| 46 | 403.9 | 463.9 | 524.1 | 584.5 | 645.0 | 705.8 |
| 47 | 404.9 | 464.9 | 525.1 | 585.5 | 646.0 | 706.8 |
| 48 | 405.9 | 465.9 | 526.1 | 586.5 | 647.0 | 707.8 |
| 49 | 406.9 | 466.9 | 527.1 | 587.5 | 648.0 | 708.8 |
| 50 | 407.9 | 468.0 | 528.1 | 588.5 | 649.1 | 709.8 |
| 51 | 408.9 | 469.0 | 529.2 | 589.5 | 650.1 | 710.8 |
| 52 | 409.9 | 470.0 | 530.2 | 590.5 | 651.1 | 711.8 |
| 53 | 410.9 | 471.0 | 531.2 | 591.5 | 652.1 | 712.8 |
| 54 | 411.9 | 472.0 | 532.2 | 592.5 | 653.1 | 713.9 |
| 55 | 412.9 | 473.0 | 533.2 | 593.5 | 654.1 | 714.9 |
| 56 | 413.9 | 474.0 | 534.2 | 594.6 | 655.1 | 715.9 |
| 57 | 414.9 | 475.0 | 535.2 | 595.6 | 656.1 | 716.9 |
| 58 | 415.9 | 476.0 | 536.2 | 596.6 | 657.1 | 717.9 |
| 59 | 416.9 | 477.0 | 537.2 | 597.6 | 658.2 | 718.9 |
| 60 | 417.9 | 478.0 | 538.2 | 598.6 | 659.2 | 720.0 |

| Minutos. | 12° Partes Meridionales. | 13° Partes Meridionales. | 14° Partes Meridionales. | 15° Partes Meridionales. | 16° Partes Meridionales. | 17° Partes Meridionales. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 721.0 | 782.0 | 843.3 | 904.8 | 966.6 | 1028.8 |
| 2 | 722.0 | 783.0 | 844.3 | 905.8 | 967.7 | 1029.8 |
| 3 | 723.0 | 784.0 | 845.3 | 906.9 | 968.7 | 1030.9 |
| 4 | 724.0 | 785.0 | 846.3 | 907.9 | 969.7 | 1031.9 |
| 5 | 725.0 | 786.1 | 847.4 | 908.9 | 970.8 | 1033.0 |
| 6 | 726.0 | 787.1 | 848.4 | 910.0 | 971.8 | 1034.0 |
| 7 | 727.1 | 788.1 | 849.4 | 911.0 | 972.8 | 1035.0 |
| 8 | 728.1 | 789.1 | 850.4 | 912.0 | 973.9 | 1036.1 |
| 9 | 729.1 | 790.1 | 851.4 | 913.0 | 974.9 | 1037.1 |
| 10 | 730.1 | 791.2 | 852.5 | 914.1 | 975.9 | 1038.1 |
| 11 | 731.1 | 792.2 | 853.5 | 915.1 | 977.0 | 1039.2 |
| 12 | 732.1 | 793.2 | 854.5 | 916.1 | 978.0 | 1040.2 |
| 13 | 733.2 | 794.2 | 855.5 | 917.2 | 979.0 | 1041.3 |
| 14 | 734.2 | 795.2 | 856.6 | 918.2 | 980.1 | 1042.3 |
| 15 | 735.2 | 796.3 | 857.6 | 919.2 | 981.1 | 1043.3 |
| 16 | 736.2 | 797.3 | 858.6 | 920.2 | 982.2 | 1044.4 |
| 17 | 737.2 | 798.3 | 859.6 | 921.3 | 983.2 | 1045.4 |
| 18 | 738.2 | 799.3 | 860.7 | 922.3 | 984.2 | 1046.5 |
| 19 | 739.3 | 800.3 | 861.7 | 923.3 | 985.3 | 1047.5 |
| 20 | 740.3 | 801.4 | 862.7 | 924.4 | 986.3 | 1048.5 |
| 21 | 741.3 | 802.4 | 863.7 | 925.4 | 987.3 | 1049.6 |
| 22 | 742.3 | 803.4 | 864.8 | 926.4 | 988.4 | 1050.6 |
| 23 | 743.3 | 804.4 | 865.8 | 927.4 | 989.4 | 1051.7 |
| 24 | 744.3 | 805.5 | 866.8 | 928.5 | 990.4 | 1052.7 |
| 25 | 745.4 | 806.5 | 867.8 | 929.5 | 991.5 | 1053.8 |
| 26 | 746.4 | 807.5 | 868.9 | 930.5 | 992.5 | 1054.8 |
| 27 | 747.4 | 808.5 | 869.9 | 931.6 | 993.5 | 1055.8 |
| 28 | 748.4 | 809.5 | 870.9 | 932.6 | 994.6 | 1056.9 |
| 29 | 749.4 | 810.6 | 871.9 | 933.6 | 995.6 | 1057.9 |
| 30 | 750.4 | 811.6 | 873.0 | 934.7 | 996.6 | 1059.0 |

| Minutos. | 12° Partes Meridionales. | 13° Partes Meridionales. | 14° Partes Meridionales. | 15° Partes Meridionales. | 16° Partes Meridionales. | 17° Partes Meridionales. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 31 | 751.5 | 812.6 | 874.0 | 935.7 | 997.7 | 1060.0 |
| 32 | 752.5 | 813.6 | 875.0 | 936.7 | 998.7 | 1061.0 |
| 33 | 753.5 | 814.6 | 876.1 | 937.8 | 999.8 | 1062.1 |
| 34 | 754.5 | 815.7 | 877.1 | 938.8 | 1000.8 | 1063.1 |
| 35 | 755.5 | 816.7 | 878.1 | 939.8 | 1001.8 | 1064.2 |
| 36 | 756.5 | 817.7 | 879.1 | 940.8 | 1002.9 | 1065.2 |
| 37 | 757.6 | 818.7 | 880.2 | 941.9 | 1003.9 | 1066.2 |
| 38 | 758.6 | 819.8 | 881.2 | 942.9 | 1004.9 | 1067.3 |
| 39 | 759.6 | 820.8 | 882.2 | 943.9 | 1006.0 | 1068.3 |
| 40 | 760.6 | 821.8 | 883.2 | 945.0 | 1007.0 | 1069.4 |
| 41 | 761.6 | 822.8 | 884.3 | 946.0 | 1008.0 | 1070.4 |
| 42 | 762.6 | 823.8 | 885.3 | 947.0 | 1009.1 | 1071.5 |
| 43 | 763.7 | 824.9 | 886.3 | 948.1 | 1010.1 | 1072.5 |
| 44 | 764.7 | 825.9 | 887.3 | 949.1 | 1011.2 | 1073.5 |
| 45 | 765.7 | 826.9 | 888.4 | 950.1 | 1012.2 | 1074.6 |
| 46 | 766.7 | 827.9 | 889.4 | 951.2 | 1013.2 | 1075.6 |
| 47 | 767.7 | 828.9 | 890.4 | 952.2 | 1014.3 | 1076.7 |
| 48 | 768.8 | 830.0 | 891.5 | 953.2 | 1015.3 | 1077.7 |
| 49 | 769.8 | 831.0 | 892.5 | 954.3 | 1016.3 | 1078.8 |
| 50 | 770.8 | 832.0 | 893.5 | 955.3 | 1017.4 | 1079.8 |
| 51 | 771.8 | 833.0 | 894.6 | 956.3 | 1018.4 | 1080.8 |
| 52 | 772.8 | 834.1 | 895.6 | 957.4 | 1019.5 | 1081.9 |
| 53 | 773.8 | 835.1 | 896.6 | 958.4 | 1020.5 | 1082.9 |
| 54 | 774.9 | 836.1 | 897.6 | 959.4 | 1021.5 | 1084.0 |
| 55 | 775.9 | 837.1 | 898.7 | 960.4 | 1022.6 | 1085.0 |
| 56 | 776.9 | 838.2 | 899.7 | 961.5 | 1023.6 | 1086.1 |
| 57 | 777.9 | 839.2 | 900.7 | 962.5 | 1024.6 | 1087.1 |
| 58 | 778.9 | 840.2 | 901.7 | 963.5 | 1025.7 | 1088.2 |
| 59 | 780.0 | 841.2 | 902.8 | 964.6 | 1026.7 | 1089.2 |
| 60 | 781.0 | 842.2 | 903.8 | 965.6 | 1027.8 | 1090.2 |

| Minutos. | 18° Partes Meridionales. | 19° Partes Meridionales. | 20° Partes Meridionales. | 21° Partes Meridionales. | 22° Partes Meridionales. | 23° Partes Meridionales. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1091.3 | 1154.1 | 1217.4 | 1281.0 | 1345.1 | 1409.6 |
| 2 | 1092.3 | 1155.2 | 1218.4 | 1282.1 | 1346.2 | 1410.7 |
| 3 | 1093.4 | 1156.2 | 1219.5 | 1283.1 | 1347.2 | 1411.8 |
| 4 | 1094.4 | 1157.3 | 1220.5 | 1284.2 | 1348.3 | 1412.9 |
| 5 | 1095.5 | 1158.3 | 1221.6 | 1285.3 | 1349.4 | 1413.9 |
| 6 | 1096.5 | 1159.4 | 1222.7 | 1286.3 | 1350.4 | 1415.0 |
| 7 | 1097.6 | 1160.4 | 1223.7 | 1287.4 | 1351.5 | 1416.1 |
| 8 | 1098.6 | 1161.5 | 1224.8 | 1288.5 | 1352.6 | 1417.2 |
| 9 | 1099.6 | 1162.5 | 1225.8 | 1289.5 | 1353.7 | 1418.3 |
| 10 | 1100.7 | 1163.6 | 1226.9 | 1290.6 | 1354.7 | 1419.3 |
| 11 | 1101.7 | 1164.6 | 1227.9 | 1291.7 | 1355.8 | 1420.4 |
| 12 | 1102.8 | 1165.7 | 1229.0 | 1292.7 | 1356.9 | 1421.5 |
| 13 | 1103.8 | 1166.8 | 1230.1 | 1293.8 | 1358.0 | 1422.6 |
| 14 | 1104.9 | 1167.8 | 1231.1 | 1294.9 | 1359.0 | 1423.7 |
| 15 | 1105.9 | 1168.9 | 1232.2 | 1295.9 | 1360.1 | 1424.7 |
| 16 | 1107.0 | 1169.9 | 1233.2 | 1297.0 | 1361.2 | 1425.8 |
| 17 | 1108.0 | 1171.0 | 1234.3 | 1298.1 | 1362.3 | 1426.9 |
| 18 | 1109.1 | 1172.0 | 1235.4 | 1299.1 | 1363.3 | 1428.0 |
| 19 | 1110.1 | 1173.1 | 1236.4 | 1300.2 | 1364.4 | 1429.1 |
| 20 | 1111.1 | 1174.1 | 1237.5 | 1301.3 | 1365.5 | 1430.1 |
| 21 | 1112.2 | 1175.2 | 1238.5 | 1302.3 | 1366.5 | 1431.2 |
| 22 | 1113.2 | 1176.2 | 1239.6 | 1303.4 | 1367.6 | 1432.3 |
| 23 | 1114.3 | 1177.3 | 1240.7 | 1304.5 | 1368.7 | 1433.4 |
| 24 | 1115.3 | 1178.3 | 1241.7 | 1305.5 | 1369.8 | 1434.5 |
| 25 | 1116.4 | 1179.4 | 1242.8 | 1306.6 | 1370.8 | 1435.6 |
| 26 | 1117.4 | 1180.4 | 1243.8 | 1307.7 | 1371.9 | 1436.6 |
| 27 | 1118.5 | 1181.5 | 1244.9 | 1308.7 | 1373.0 | 1437.7 |
| 28 | 1119.5 | 1182.5 | 1246.0 | 1309.8 | 1374.1 | 1438.8 |
| 29 | 1120.6 | 1183.6 | 1247.0 | 1310.9 | 1375.1 | 1439.9 |
| 30 | 1121.6 | 1184.6 | 1248.1 | 1311.9 | 1376.2 | 1441.0 |

| Minutos. | 18° | 19° | 20° | 21° | 22° | 23° |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Partes Meridionales. | Partes Meridionales. | Partes Meridionales. | Partes Meridionales. | Partes Meridionales. | Partes Meridionales. |
| 31 | 1122.7 | 1185.7 | 1249.1 | 1313.0 | 1377.3 | 1442.1 |
| 32 | 1123.7 | 1186.8 | 1250.2 | 1314.1 | 1378.4 | 1443.1 |
| 33 | 1124.8 | 1187.8 | 1251.3 | 1315.1 | 1379.4 | 1444 2 |
| 34 | 1125.8 | 1188.9 | 1252.3 | 1316.2 | 1380.5 | 1445.3 |
| 35 | 1126.9 | 1189.9 | 1253.4 | 1317.3 | 1381.6 | 1446.4 |
| 36 | 1127.9 | 1191.0 | 1254.4 | 1318.3 | 1382.7 | 1447.5 |
| 37 | 1128.9 | 1192.0 | 1255.5 | 1319.4 | 1383.7 | 1448.6 |
| 38 | 1130.0 | 1193.1 | 1256.6 | 1320.5 | 1384.8 | 1449 7 |
| 39 | 1131.0 | 1194.1 | 1257.6 | 1321.5 | 1385.9 | 1450.7 |
| 40 | 1132.1 | 1195.2 | 1258.7 | 1322.6 | 1387.0 | 1451.8 |
| 41 | 1133.1 | 1196.2 | 1259.7 | 1323.7 | 1388.1 | 1452.9 |
| 42 | 1134.2 | 1197.3 | 1260.8 | 1324.7 | 1389.1 | 1454.0 |
| 43 | 1135.2 | 1198.4 | 1261.9 | 1325.8 | 1390.2 | 1455.1 |
| 44 | 1136.3 | 1199.4 | 1262.9 | 1326.9 | 1391.3 | 1456.2 |
| 45 | 1137.3 | 1200.5 | 1264.0 | 1328.0 | 1392.4 | 1457.3 |
| 46 | 1138.4 | 1201.5 | 1265.1 | 1329.0 | 1393.4 | 1458.3 |
| 47 | 1139.4 | 1202.6 | 1266.1 | 1330.1 | 1394.5 | 1459.4 |
| 48 | 1140.5 | 1203.6 | 1267.2 | 1331.2 | 1395.6 | 1460.5 |
| 49 | 1141.5 | 1204.7 | 1268.2 | 1332.2 | 1396.7 | 1461.6 |
| 50 | 1142.6 | 1205.7 | 1269.3 | 1333.3 | 1397.7 | 1462.7 |
| 51 | 1143.6 | 1206.8 | 1270.4 | 1334.4 | 1398.8 | 1463.8 |
| 52 | 1144.7 | 1207.9 | 1271.4 | 1335.4 | 1399.9 | 1464.9 |
| 53 | 1145.7 | 1208.9 | 1272.5 | 1336.5 | 1401.0 | 1465.9 |
| 54 | 1146.8 | 1210.0 | 1273.6 | 1337.6 | 1402.1 | 1467.0 |
| 55 | 1147.8 | 1211.0 | 1274.6 | 1338.7 | 1403.1 | 1468.1 |
| 56 | 1148.9 | 1212.1 | 1275.7 | 1339.7 | 1404.2 | 1469.2 |
| 57 | 1149.9 | 1213.1 | 1276.8 | 1340.8 | 1405.3 | 1470.3 |
| 58 | 1151.6 | 1214.2 | 1277.8 | 1341.9 | 1406.4 | 1471.4 |
| 59 | 1152.0 | 1215.3 | 1278.9 | 1342.9 | 1407.4 | 1472.5 |
| 60 | 1153.1 | 1216.3 | 1279.0 | 1344.0 | 1408.5 | 1473.5 |

| Minutos. | 24° Partes Meridionales. | 25° Partes Meridionales. | 26° Partes Meridionales. | 27° Partes Meridionales. | 28° Partes Meridionales. | 29° Partes Meridionales. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1474.6 | 1540.2 | 1606.3 | 1672.9 | 1740.2 | 1808.1 |
| 2 | 1475.7 | 1541.3 | 1607.4 | 1674.0 | 1741.3 | 1809.2 |
| 3 | 1476.8 | 1542.4 | 1608.5 | 1675.1 | 1742.4 | 1810.3 |
| 4 | 1477.9 | 1543.5 | 1609.6 | 1676.3 | 1743.5 | 1811.5 |
| 5 | 1479.0 | 1544.6 | 1610.7 | 1677.4 | 1744.7 | 1812.6 |
| 6 | 1480.1 | 1545.7 | 1611.8 | 1678.5 | 1745.8 | 1813.7 |
| 7 | 1481.2 | 1546.8 | 1612.9 | 1679.6 | 1746.9 | 1814.9 |
| 8 | 1482.3 | 1547.9 | 1614.0 | 1680.7 | 1748.1 | 1816.0 |
| 9 | 1483.3 | 1549.0 | 1615.1 | 1681.8 | 1749.2 | 1817.2 |
| 10 | 1484.4 | 1550.1 | 1616.2 | 1683.0 | 1750.3 | 1818.3 |
| 11 | 1485.5 | 1551.2 | 1617.3 | 1684.1 | 1751.4 | 1819.4 |
| 12 | 1486.6 | 1552.3 | 1618.4 | 1685.2 | 1752.6 | 1820.6 |
| 13 | 1487.7 | 1553.4 | 1619.5 | 1686.3 | 1753.7 | 1821.7 |
| 14 | 1488.8 | 1554.5 | 1620.7 | 1687.4 | 1754.8 | 1822.9 |
| 15 | 1489.9 | 1555.6 | 1621.8 | 1688.5 | 1756.0 | 1824.0 |
| 16 | 1491.0 | 1556.6 | 1622.9 | 1689.7 | 1757.1 | 1825.1 |
| 17 | 1492.1 | 1557.7 | 1624.0 | 1690.8 | 1758.2 | 1826.3 |
| 18 | 1493.2 | 1558.8 | 1625.1 | 1691.9 | 1759.3 | 1827.4 |
| 19 | 1494.2 | 1559.9 | 1626.2 | 1693.0 | 1760.5 | 1828.6 |
| 20 | 1495.3 | 1561.0 | 1627.3 | 1694.1 | 1761.6 | 1829.7 |
| 21 | 1496.4 | 1562.1 | 1628.4 | 1695.3 | 1762.7 | 1830.8 |
| 22 | 1497.5 | 1563.2 | 1629.5 | 1696.4 | 1763.9 | 1832.0 |
| 23 | 1498.6 | 1564.3 | 1630.6 | 1697.5 | 1765.0 | 1833.1 |
| 24 | 1499.7 | 1565.4 | 1631.7 | 1698.6 | 1766.1 | 1834.3 |
| 25 | 1500.8 | 1566.5 | 1632.8 | 1699.7 | 1767.2 | 1835.4 |
| 26 | 1501.9 | 1567.6 | 1634.0 | 1700.9 | 1768.4 | 1836.5 |
| 27 | 1503.0 | 1568.7 | 1635.1 | 1702.0 | 1769.5 | 1837.7 |
| 28 | 1504.1 | 1569.8 | 1636.2 | 1703.1 | 1770.6 | 1838.8 |
| 29 | 1505.2 | 1570.9 | 1637.3 | 1704.2 | 1771.8 | 1840.0 |
| 30 | 1506.2 | 1572.0 | 1638.4 | 1705.3 | 1772.9 | 1841.2 |

| Minutos. | 24° Partes Meridionales. | 25° Partes Meridionales. | 26° Partes Meridionales. | 27° Partes Meridionales. | 28° Partes Meridionales. | 29° Partes Meridionales. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 31 | 1507.3 | 1573.2 | 1639.5 | 1706.5 | 1774.0 | 1842.3 |
| 32 | 1508.4 | 1574.3 | 1640.6 | 1707.6 | 1775.2 | 1843.4 |
| 33 | 1509.5 | 1575.4 | 1641.7 | 1708.7 | 1776.3 | 1844.6 |
| 34 | 1510.6 | 1576.5 | 1642.8 | 1709.8 | 1777.4 | 1845.7 |
| 35 | 1511.7 | 1577.6 | 1644.0 | 1710.9 | 1778.6 | 1846.9 |
| 36 | 1512.8 | 1578.7 | 1645.1 | 1712.1 | 1779.7 | 1848.0 |
| 37 | 1513.9 | 1579.8 | 1646.2 | 1713.2 | 1780.8 | 1849.1 |
| 38 | 1515.0 | 1580.9 | 1647.3 | 1714.3 | 1782.0 | 1850.3 |
| 39 | 1516.1 | 1582.0 | 1648.4 | 1715.4 | 1783.1 | 1851.4 |
| 40 | 1517.2 | 1583.1 | 1649.5 | 1716.6 | 1784.2 | 1852.5 |
| 41 | 1518.3 | 1584.2 | 1650.6 | 1717.7 | 1785.4 | 1853.7 |
| 42 | 1519.4 | 1585.3 | 1651.7 | 1718.8 | 1786.5 | 1854.8 |
| 43 | 1520.5 | 1586.4 | 1652.9 | 1719.9 | 1787.6 | 1856.0 |
| 44 | 1521.6 | 1587.5 | 1654.0 | 1721.0 | 1788.8 | 1857.1 |
| 45 | 1522.7 | 1588.6 | 1655.1 | 1722.2 | 1789.9 | 1858.3 |
| 46 | 1523.7 | 1589.7 | 1656.2 | 1723.3 | 1791.0 | 1859.4 |
| 47 | 1524.8 | 1590.8 | 1657.3 | 1724.4 | 1792.2 | 1860.6 |
| 48 | 1525.9 | 1591.9 | 1658.4 | 1725.5 | 1793.3 | 1861.7 |
| 49 | 1527.0 | 1593.0 | 1659.5 | 1726.7 | 1794.4 | 1862.8 |
| 50 | 1528.1 | 1594.1 | 1660.7 | 1727.8 | 1795.6 | 1864.0 |
| 51 | 1529.2 | 1595.2 | 1661.8 | 1728.9 | 1796.7 | 1865.1 |
| 52 | 1530.3 | 1596.3 | 1662.9 | 1730.0 | 1797.8 | 1866.3 |
| 53 | 1531.4 | 1597.4 | 1664.0 | 1731.2 | 1799.0 | 1867.4 |
| 54 | 1532.5 | 1598.5 | 1665.1 | 1732.3 | 1800.1 | 1868.6 |
| 55 | 1533.6 | 1599.6 | 1666.2 | 1733.4 | 1801.2 | 1869.7 |
| 56 | 1534.7 | 1600.7 | 1667.3 | 1734.5 | 1802.4 | 1870.9 |
| 57 | 1535.8 | 1601.8 | 1668.5 | 1735.7 | 1803.5 | 1872.0 |
| 58 | 1536.9 | 1602.9 | 1669.6 | 1736.8 | 1804.6 | 1873.2 |
| 59 | 1538.0 | 1604.0 | 1670.7 | 1737.9 | 1805.8 | 1874.3 |
| 60 | 1539.1 | 1605.2 | 1671.8 | 1739.0 | 1806.9 | 1875.5 |

| Minutos. | 30° Partes Meridionales. | 31° Partes Meridionales. | 32° Partes Meridionales. | 33° Partes Meridionales. | 34° Partes Meridionales. | 35° Partes Meridionales. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1876.6 | 1945.9 | 2015.9 | 2086.6 | 2158.2 | 2230.7 |
| 2 | 1877.8 | 1947.0 | 2017.0 | 2087.8 | 2159.4 | 2231.9 |
| 3 | 1878.9 | 1948.1 | 2018.2 | 2089.0 | 2160.6 | 2233.1 |
| 4 | 1880.1 | 1949.3 | 2019.4 | 2090.2 | 2161.8 | 2234.3 |
| 5 | 1881.2 | 1950.5 | 2020.6 | 2091.4 | 2163.0 | 2235.5 |
| 6 | 1882.3 | 1951.7 | 2021.7 | 2092.6 | 2164.2 | 2236.8 |
| 7 | 1883.5 | 1952.8 | 2022.9 | 2093.8 | 2165.4 | 2238.0 |
| 8 | 1884.6 | 1954.0 | 2024.1 | 2095.0 | 2166.6 | 2239.2 |
| 9 | 1885.8 | 1955.2 | 2025.3 | 2096.1 | 2167.8 | 2240.4 |
| 10 | 1887.0 | 1956.3 | 2026.4 | 2097.3 | 2169.1 | 2241.6 |
| 11 | 1888.1 | 1957.5 | 2027.6 | 2098.5 | 2170.3 | 2242.8 |
| 12 | 1889.3 | 1958.7 | 2028.8 | 2099.7 | 2171.5 | 2244.1 |
| 13 | 1890.4 | 1959.8 | 2030.0 | 2100.9 | 2172.7 | 2245.3 |
| 14 | 1891.6 | 1961.0 | 2031.1 | 2102.1 | 2173.9 | 2246.5 |
| 15 | 1892.7 | 1962.1 | 2032.3 | 2103.3 | 2175.1 | 2247.7 |
| 16 | 1893.9 | 1963.3 | 2033.5 | 2104.5 | 2176.3 | 2248.9 |
| 17 | 1895.0 | 1964.5 | 2034.7 | 2105.7 | 2177.5 | 2250.2 |
| 18 | 1896.2 | 1965.6 | 2035.8 | 2106.9 | 2178.7 | 2251.4 |
| 19 | 1897.3 | 1966.8 | 2037.0 | 2108.0 | 2179.9 | 2252.6 |
| 20 | 1898.5 | 1968.0 | 2038.2 | 2109.2 | 2181.1 | 2253.8 |
| 21 | 1899.6 | 1969.1 | 2039.4 | 2110.4 | 2182.3 | 2255.0 |
| 22 | 1900.8 | 1970.3 | 2040.6 | 2111.6 | 2183.5 | 2256.3 |
| 23 | 1901.9 | 1971.5 | 2041.7 | 2112.8 | 2184.7 | 2257.5 |
| 24 | 1903.1 | 1972.6 | 2042.9 | 2114.0 | 2185.9 | 2258.7 |
| 25 | 1904.2 | 1973.8 | 2044.1 | 2115.2 | 2187.1 | 2259.9 |
| 26 | 1905.4 | 1974.9 | 2045.3 | 2116.4 | 2188.3 | 2261.1 |
| 27 | 1906.5 | 1976.1 | 2046.5 | 2117.6 | 2189.5 | 2262.4 |
| 28 | 1907.7 | 1977.3 | 2047.6 | 2118.8 | 2190.7 | 2263.6 |
| 29 | 1908.8 | 1978.4 | 2048.8 | 2120.0 | 2191.9 | 2264.8 |
| 30 | 1910.0 | 1979.6 | 2050.0 | 2121.1 | 2193.1 | 2266.0 |

| Minutos. | 30° Partes Meridionales. | 31° Partes Meridionales. | 32° Partes Meridionales. | 33° Partes Meridionales. | 34° Partes Meridionales. | 35° Partes Meridionales. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 31 | 1911.1 | 1980.8 | 2051.2 | 2122.3 | 2194.4 | 2267.3 |
| 32 | 1912.3 | 1982.0 | 2052.4 | 2123.5 | 2195.6 | 2268.5 |
| 33 | 1913.5 | 1983.2 | 2053.5 | 2124.7 | 2196.8 | 2269.7 |
| 34 | 1914.6 | 1984.3 | 2054.7 | 2125.9 | 2198.0 | 2270.9 |
| 35 | 1915.8 | 1985.5 | 2055.9 | 2127.1 | 2199.2 | 2272.1 |
| 36 | 1916.9 | 1986.6 | 2057.1 | 2128.3 | 2200.4 | 2273.4 |
| 37 | 1918.1 | 1987.8 | 2058.3 | 2129.5 | 2201.6 | 2274.6 |
| 38 | 1919.2 | 1989.0 | 2059.4 | 2130.7 | 2202.8 | 2275.8 |
| 39 | 1920.4 | 1990.1 | 2060.6 | 2131.9 | 2204.0 | 2277.0 |
| 40 | 1921.6 | 1991.3 | 2061.8 | 2133.1 | 2205.2 | 2278.3 |
| 41 | 1922.7 | 1992.5 | 2063.0 | 2134.3 | 2206.4 | 2279.5 |
| 42 | 1923.9 | 1993.6 | 2064.2 | 2135.5 | 2207.6 | 2280.7 |
| 43 | 1925.0 | 1994.8 | 2065.3 | 2136.7 | 2208.9 | 2281.9 |
| 44 | 1926.2 | 1996.0 | 2066.5 | 2137.9 | 2210.1 | 2283.2 |
| 45 | 1927.3 | 1997.1 | 2067.7 | 2139.1 | 2211.3 | 2284.4 |
| 46 | 1928.5 | 1998.3 | 2068.9 | 2140.3 | 2212.5 | 2285.6 |
| 47 | 1929.6 | 1999.5 | 2070.1 | 2141.5 | 2213.7 | 2286.8 |
| 48 | 1930.8 | 2000.6 | 2071.2 | 2142.7 | 2214.9 | 2288.1 |
| 49 | 1932.0 | 2001.8 | 2072.4 | 2143.9 | 2216.1 | 2289.3 |
| 50 | 1933.1 | 2003.0 | 2073.6 | 2145.1 | 2217.3 | 2290.5 |
| 51 | 1934.3 | 2004.2 | 2074.8 | 2146.2 | 2218.5 | 2291.7 |
| 52 | 1935.4 | 2005.3 | 2076.0 | 2147.4 | 2219.8 | 2293.0 |
| 53 | 1936.6 | 2006.5 | 2077.2 | 2148.6 | 2221.0 | 2294.2 |
| 54 | 1937.8 | 2007.7 | 2078.4 | 2149.8 | 2222.2 | 2295.4 |
| 55 | 1938.9 | 2008.8 | 2079.5 | 2151.0 | 2223.4 | 2296.7 |
| 56 | 1940.1 | 2010.0 | 2080.7 | 2152.2 | 2224.6 | 2297.9 |
| 57 | 1941.2 | 2011.2 | 2081.9 | 2153.4 | 2225.8 | 2299.1 |
| 58 | 1942.4 | 2012.4 | 2083.1 | 2154.6 | 2227.0 | 2300.3 |
| 59 | 1943.6 | 2013.5 | 2084.3 | 2155.8 | 2228.3 | 2301.5 |
| 60 | 1944.7 | 2014.7 | 2085.5 | 2157.0 | 2229.5 | 2302.8 |

| Minutos. | 36° | 37° | 38° | 39° | 40° | 41° |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Partes Meridionales. | Partes Meridionales. | Partes Meridionales. | Partes Meridionales. | Partes Meridionales. | Partes Meridionales. |
| 1 | 2304.0 | 2378.3 | 2453.6 | 2529.9 | 2607.4 | 2686.0 |
| 2 | 2305.3 | 2379.6 | 2454.9 | 2531.2 | 2608.7 | 2687.3 |
| 3 | 2306.5 | 2380.8 | 2456.2 | 2532.5 | 2610.0 | 2688.6 |
| 4 | 2307.7 | 2382.1 | 2457.4 | 2533.8 | 2611.3 | 2689.9 |
| 5 | 2309.0 | 2383.3 | 2458.7 | 2535.1 | 2612.6 | 2691.3 |
| 6 | 2310.2 | 2384.6 | 2460.0 | 2536.4 | 2613.9 | 2692.6 |
| 7 | 2311.4 | 2385.8 | 2461.1 | 2537.7 | 2615.2 | 2693 9 |
| 8 | 2312.7 | 2387.1 | 2462.5 | 2538.9 | 2616.5 | 2695.2 |
| 9 | 2313.9 | 2388.3 | 2463.8 | 2540.2 | 2617.8 | 2696.5 |
| 10 | 2315.1 | 2389.6 | 2465.0 | 2541.5 | 2619.1 | 2697.9 |
| 11 | 2316.4 | 2390.8 | 2466.3 | 2542.8 | 2620.4 | 2699.2 |
| 12 | 2317.6 | 2392.1 | 2467.6 | 2544.1 | 2621.7 | 2700.5 |
| 13 | 2318.8 | 2393.3 | 2468.8 | 2545.4 | 2623.0 | 2701.8 |
| 14 | 2320.1 | 2394.6 | 2470.1 | 2546.6 | 2624.3 | 2703.2 |
| 15 | 2321.3 | 2395.8 | 2471.4 | 2547.9 | 2625.6 | 2704.5 |
| 16 | 2322.5 | 2397.1 | 2472.6 | 2549.2 | 2626.9 | 2705.8 |
| 17 | 2323.8 | 2398.3 | 2473.9 | 2550.5 | 2628.2 | 2707.1 |
| 18 | 2325.0 | 2399.6 | 2475.2 | 2551.8 | 2629.5 | 2708.5 |
| 19 | 2326.2 | 2400.8 | 2476.4 | 2553.1 | 2630.8 | 2709.8 |
| 20 | 2327.5 | 2402.1 | 2477.7 | 2554.4 | 2632.1 | 2711.1 |
| 21 | 2328.7 | 2403.3 | 2479.0 | 2555.6 | 2633.4 | 2712.4 |
| 22 | 2329.9 | 2404.6 | 2480.2 | 2556.9 | 2634.8 | 2713.8 |
| 23 | 2331.2 | 2405.8 | 2481.5 | 2558.2 | 2636.1 | 2715.1 |
| 24 | 2332.4 | 2407.1 | 2482.8 | 2559.5 | 2637.4 | 2716.4 |
| 25 | 2333.6 | 2408.3 | 2484.0 | 2560.8 | 2638.7 | 2717.7 |
| 26 | 2334.9 | 2409.6 | 2485.3 | 2562.1 | 2640.0 | 2719.1 |
| 27 | 2336.1 | 2410.8 | 2486.6 | 2563.4 | 2641.3 | 2720.4 |
| 28 | 2337.3 | 2412.1 | 2487.9 | 2564.7 | 2642.6 | 2721.7 |
| 29 | 2338.6 | 2413.3 | 2489.1 | 2566.0 | 2643.9 | 2723:1 |
| 30 | 2339.8 | 2414.6 | 2490 4 | 2567.2 | 2645.2 | 2724.4 |

| Minutos. | 36° Partes Meridionales. | 37° Partes Meridionales. | 38° Partes Meridionales. | 39° Partes Meridionales. | 40° Partes Meridionales. | 41° Partes Meridionales. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 31 | 2341.0 | 2415.9 | 2491.7 | 2568.5 | 2646.5 | 2725.7 |
| 32 | 2342.3 | 2417.1 | 2492.9 | 2569.8 | 2647.8 | 2727.1 |
| 33 | 2343.5 | 2418.4 | 2494.2 | 2571.1 | 2649.1 | 2728.4 |
| 34 | 2344.7 | 2419.6 | 2495.5 | 2572.4 | 2650.5 | 2729.7 |
| 35 | 2346.0 | 2420.9 | 2496.8 | 2573.7 | 2651.8 | 2731.1 |
| 36 | 2347.2 | 2422.1 | 2498.0 | 2575.0 | 2653.1 | 2732.4 |
| 37 | 2348.4 | 2423.4 | 2499.3 | 2576.3 | 2654.4 | 2733.7 |
| 38 | 2349.7 | 2424.7 | 2500.6 | 2577.6 | 2655.7 | 2735.1 |
| 39 | 2350.9 | 2425.9 | 2501.8 | 2578.9 | 2657.0 | 2736.4 |
| 40 | 2352.2 | 2427.2 | 2503.1 | 2580.2 | 2658.3 | 2737.7 |
| 41 | 2353.5 | 2428.4 | 2504.4 | 2581.4 | 2659.6 | 2739.0 |
| 42 | 2354.7 | 2429.7 | 2505.7 | 2582.7 | 2660.9 | 2740.4 |
| 43 | 2356.0 | 2430.9 | 2507.0 | 2583.0 | 2662.3 | 2741.7 |
| 44 | 2357.2 | 2432.2 | 2508.2 | 2585.3 | 2663.6 | 2743.0 |
| 45 | 2358.4 | 2433.5 | 2509.5 | 2586.6 | 2664.9 | 2744.4 |
| 46 | 2359.7 | 2434.7 | 2510.8 | 2587.9 | 2666.2 | 2745.7 |
| 47 | 2360.9 | 2436.0 | 2512.1 | 2589.2 | 2667.5 | 2747.0 |
| 48 | 2362.2 | 2437.2 | 2513.3 | 2590.5 | 2668.9 | 2748.4 |
| 49 | 2863.4 | 2438.5 | 2514.7 | 2591.8 | 2670.2 | 2749.7 |
| 50 | 2364.6 | 2439.8 | 2515.9 | 2593.1 | 2671.5 | 2751.0 |
| 51 | 2365.9 | 2441.0 | 2517.2 | 2594.4 | 2672.8 | 2752.4 |
| 52 | 2367.1 | 2442.3 | 2518.4 | 2595.7 | 2674.1 | 2753.7 |
| 53 | 2368.4 | 2443.5 | 2519.7 | 2597.0 | 2675.4 | 2755.0 |
| 54 | 2369.6 | 2444.8 | 2521.0 | 2598.3 | 2676.7 | 2756.4 |
| 55 | 2370.9 | 2446.1 | 2522.3 | 2599.6 | 2678.1 | 2757.7 |
| 56 | 2372.1 | 2447.3 | 2523.6 | 2600.9 | 2679.4 | 2759.1 |
| 57 | 2373.3 | 2448.6 | 2524.9 | 2602.2 | 2680.7 | 2760.4 |
| 58 | 2374.6 | 2449.8 | 2526.2 | 2603.5 | 2682.0 | 2761.7 |
| 59 | 2375.8 | 2451.1 | 2527.4 | 2604.8 | 2683.3 | 2763.1 |
| 60 | 2377.1 | 2452.4 | 2528.7 | 2606.1 | 2684.6 | 2764.4 |

| Minutos. | 42° Partes Meridionales. | 43° Partes Meridionales. | 44° Partes Meridionales. | 45° Partes Meridionales. | 46° Partes Meridionales. | 47° Partes Meridionales. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2765.8 | 2846.8 | 2929.3 | 3013.1 | 3098.4 | 3185.3 |
| 2 | 2767.1 | 2848.2 | 2930.6 | 3014.5 | 3099.8 | 3186.7 |
| 3 | 2768.4 | 2849.6 | 2932.0 | 3015.9 | 3101.3 | 3188.2 |
| 4 | 2769.8 | 2850.9 | 2933.4 | 3017.3 | 3102.7 | 3189.7 |
| 5 | 2771.1 | 2852.3 | 2934.8 | 3018.7 | 3104.1 | 3191.1 |
| 6 | 2772.4 | 2853.7 | 2936.2 | 3020.1 | 3105.6 | 3192.6 |
| 7 | 2773.8 | 2855.0 | 2937.6 | 3021.5 | 3107.0 | 3194.1 |
| 8 | 2775.1 | 2856.4 | 2939.0 | 3023.0 | 3108.5 | 3195.5 |
| 9 | 2776.5 | 2857.8 | 2940.3 | 3024.4 | 3109.9 | 3197.0 |
| 10 | 2777.8 | 2859.1 | 2941.7 | 3025.8 | 3111.3 | 3198.4 |
| 11 | 2779.2 | 2860.5 | 2943.1 | 3027.2 | 3112.8 | 3199.9 |
| 12 | 2780.5 | 2861.8 | 2944.5 | 3028.6 | 3114.2 | 3201.4 |
| 13 | 2781.9 | 2863.2 | 2945.9 | 3030.0 | 3115.6 | 3202.9 |
| 14 | 2783.2 | 2864.6 | 2947.3 | 3031.4 | 3117.1 | 3204.3 |
| 15 | 2784.6 | 2866.0 | 2948.7 | 3032.9 | 3118.5 | 3205.8 |
| 16 | 2785.9 | 2867.3 | 2950.1 | 3034.3 | 3120.0 | 3207.3 |
| 17 | 2787.3 | 2868.7 | 2951.4 | 3035.7 | 3121.4 | 3208.7 |
| 18 | 2788.6 | 2870.1 | 2952.8 | 3037.1 | 3122.8 | 3210.2 |
| 19 | 2790.0 | 2871.4 | 2954.2 | 3038.5 | 3124.3 | 3211.7 |
| 20 | 2791.3 | 2872.8 | 2955.6 | 3039.9 | 3125.7 | 3213.1 |
| 21 | 2792.7 | 2874.2 | 2957.0 | 3041.3 | 3127.2 | 3214.6 |
| 22 | 2794.0 | 2875.5 | 2958.4 | 3042.8 | 3128.6 | 3216.1 |
| 23 | 2795.4 | 2876.9 | 2959.8 | 3044.2 | 3130.1 | 3217.5 |
| 24 | 2796.7 | 2878.3 | 2961.2 | 3045.6 | 3131.5 | 3219.0 |
| 25 | 2798.1 | 2879.6 | 2962.6 | 3047.0 | 3133.0 | 3220.5 |
| 26 | 2799.4 | 2881.0 | 2964.0 | 3048.4 | 3134.4 | 3222.0 |
| 27 | 2800.8 | 2882.4 | 2965.4 | 3049.9 | 3135.8 | 3223.4 |
| 28 | 2802.1 | 2883.8 | 2966.8 | 3051.3 | 3137.3 | 3224.9 |
| 29 | 2803.5 | 2885.1 | 2968.2 | 3052.7 | 3138.7 | 3226.4 |
| 30 | 2804.8 | 2886.5 | 2969.6 | 3054.1 | 3140.2 | 3227.9 |

| Minutos. | 42° Partes Meridionales. | 43° Partes Meridionales. | 44° Partes Meridionales. | 45° Partes Meridionales. | 46° Partes Meridionales. | 47° Partes Meridionales. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 31 | 2806.2 | 2887.9 | 2971.0 | 3055.5 | 3141.6 | 3229.3 |
| 32 | 2807.5 | 2889.2 | 2972.4 | 3057.0 | 3143.1 | 3230.8 |
| 33 | 2808.9 | 2890.6 | 2973.8 | 3058.4 | 3144.5 | 3232.3 |
| 34 | 2810.2 | 2892.0 | 2975.2 | 3059.8 | 3146.0 | 3233.8 |
| 35 | 2811.6 | 2893.4 | 2976.6 | 3061.2 | 3147.4 | 3235.2 |
| 36 | 2812.9 | 2894.7 | 2978.0 | 3062.7 | 3148.9 | 3236.7 |
| 37 | 2814.3 | 2896.1 | 2979.4 | 3064.1 | 3150.3 | 3238.2 |
| 38 | 2815.6 | 2897.5 | 2980.8 | 3065.5 | 3151.8 | 3239.7 |
| 39 | 2817.0 | 2898.9 | 2982.2 | 3066.9 | 3153.2 | 3241.2 |
| 40 | 2818.3 | 2900.3 | 2983.6 | 3068.4 | 3154.7 | 3242.6 |
| 41 | 2819.7 | 2901.6 | 2985.0 | 3069.8 | 3156.1 | 3244.1 |
| 42 | 2821.0 | 2903.0 | 2986.4 | 3071.2 | 3157.6 | 3245.6 |
| 43 | 2822.3 | 2904.4 | 2987.8 | 3072.6 | 3159.1 | 3247.1 |
| 44 | 2823.7 | 2905.8 | 2989.2 | 3074.1 | 3160.5 | 3248.6 |
| 45 | 2825.0 | 2907.1 | 2990.6 | 3075.5 | 3162.0 | 3250.0 |
| 46 | 2826.4 | 2908.5 | 2992.0 | 3076.9 | 3163.4 | 3251.5 |
| 47 | 2827.7 | 2909.9 | 2993.4 | 3078.4 | 3164.9 | 3253.0 |
| 48 | 2829.1 | 2911.3 | 2994.8 | 3079.8 | 3166.3 | 3254.5 |
| 49 | 2830.5 | 2912.7 | 2996.2 | 3081.2 | 3167.8 | 3256.0 |
| 50 | 2831.9 | 2914.0 | 2997.6 | 3082.6 | 3169.2 | 3257.5 |
| 51 | 2833.2 | 2915.4 | 2999.0 | 3084.1 | 3170.7 | 3258.9 |
| 52 | 2834.6 | 2916.8 | 3000.4 | 3085.5 | 3172.1 | 3260.4 |
| 53 | 2836.0 | 2918.2 | 3001.8 | 3086.9 | 3173.6 | 3261.9 |
| 54 | 2837.3 | 2919.6 | 3003.2 | 3088.4 | 3175.1 | 3263.4 |
| 55 | 2838.7 | 2921.0 | 3004.6 | 3089.8 | 3176.5 | 3264.9 |
| 56 | 2840.0 | 2922.3 | 3006.0 | 3091.2 | 3178.0 | 3266.4 |
| 57 | 2841.4 | 2923.7 | 3007.5 | 3092.7 | 3179.4 | 3267.9 |
| 58 | 2842.8 | 2925.1 | 3008.9 | 3094.1 | 3180.9 | 3269.4 |
| 59 | 2844.1 | 2926.5 | 3010.3 | 3095.5 | 3182.4 | 3270.8 |
| 60 | 2845.5 | 2927.9 | 3011.7 | 3097.0 | 3183.8 | 3272.3 |

| Minutos. | 48° Partes Meridionales. | 49° Partes Meridionales. | 50° Partes Meridionales. | 51° Partes Meridionales. | 52° Partes Meridionales. | 53° Partes Meridionales. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 3273.8 | 3364.1 | 3456.2 | 3550.3 | 3646.4 | 3744.8 |
| 2 | 3275.3 | 3365.6 | 3457.8 | 3551.9 | 3648.1 | 3746.4 |
| 3 | 3276.8 | 3367.1 | 3459.3 | 3553.5 | 3649.7 | 3748.1 |
| 4 | 3278.3 | 3368.7 | 3460.9 | 3555.1 | 3651.3 | 3749.8 |
| 5 | 3279.8 | 3370.2 | 3462.4 | 3556.7 | 3652.9 | 3751.4 |
| 6 | 3281.3 | 3371.7 | 3464.0 | 3558.2 | 3654.6 | 3753.1 |
| 7 | 3282.8 | 3373.2 | 3465.5 | 3559.8 | 3656.2 | 3754.7 |
| 8 | 3284.3 | 3374.8 | 3467.1 | 3561.4 | 3657.8 | 3756.4 |
| 9 | 3285.7 | 3376.3 | 3468.7 | 3563.0 | 3659.4 | 3758.1 |
| 10 | 3287.2 | 3377.8 | 3470.2 | 3564.6 | 3661.1 | 3759.7 |
| 11 | 3288.7 | 3379.3 | 3471.8 | 3566.2 | 3662.7 | 3761.4 |
| 12 | 3290.2 | 3380.8 | 3473.3 | 3567.8 | 3664.3 | 3763.1 |
| 13 | 3291.7 | 3382.4 | 3474.9 | 3569.4 | 3665.9 | 3764.7 |
| 14 | 3293.2 | 3383.9 | 3476.4 | 3571.0 | 3667.6 | 3766.4 |
| 15 | 3294.7 | 3385.4 | 3478.0 | 3572.6 | 3669.2 | 3768.1 |
| 16 | 3296.2 | 3387.0 | 3479.6 | 3574.1 | 3670.8 | 3769.7 |
| 17 | 3297.7 | 3388.5 | 3481.1 | 3575.7 | 3672.5 | 3771.4 |
| 18 | 3299.2 | 3390.0 | 3482.7 | 3577.3 | 3674.1 | 3773.1 |
| 19 | 3300.7 | 3391.5 | 3484.2 | 3578.9 | 3675.7 | 3774.7 |
| 20 | 3302.2 | 3393.1 | 3485.8 | 3580.5 | 3677.3 | 3776.4 |
| 21 | 3303.7 | 3394.6 | 3487.4 | 3582.1 | 3679.0 | 3778.1 |
| 22 | 3305.2 | 3396.1 | 3488.9 | 3583.7 | 3680.6 | 3779.7 |
| 23 | 3306.7 | 3397.7 | 3490.5 | 3585.3 | 3682.2 | 3781.4 |
| 24 | 3308.2 | 3399.2 | 3492.1 | 3586.9 | 3683.9 | 3783.1 |
| 25 | 3309.7 | 3400.7 | 3493.6 | 3588.5 | 3685.5 | 3784.8 |
| 26 | 3311.2 | 3402.3 | 3495.2 | 3590.1 | 3687.2 | 3786.4 |
| 27 | 3312.7 | 3403.8 | 3496.8 | 3591.7 | 3688.8 | 3788.1 |
| 28 | 3314.2 | 3405.3 | 3498.3 | 3593.3 | 3690.4 | 3789.8 |
| 29 | 3315.7 | 3406.8 | 3499.9 | 3594.9 | 3692.1 | 3791.5 |
| 30 | 3317.2 | 3408.4 | 3501.4 | 3596.5 | 3693.7 | 3793.1 |

| Minutos. | 48° Partes Meridionales. | 49° Partes Meridionales. | 50° Partes Meridionales. | 51° Partes Meridionales. | 52° Partes Meridionales. | 53° Partes Meridionales. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 31 | 3318.7 | 3409.9 | 3503.0 | 3598.1 | 3695.3 | 3794.8 |
| 32 | 3320.2 | 3411.5 | 3504.6 | 3599.7 | 3697.0 | 3796.5 |
| 33 | 3321.7 | 3413.0 | 3506.2 | 3601.3 | 3698.6 | 3798.2 |
| 34 | 3323.3 | 3414.5 | 3507.7 | 3602.9 | 3700.3 | 3799.8 |
| 35 | 3324.8 | 3416.0 | 3509.3 | 3604.5 | 3701.9 | 3801.5 |
| 36 | 3326.3 | 3417.6 | 3510.9 | 3606.1 | 3703.5 | 3803.2 |
| 37 | 3327.8 | 3419.1 | 3512.4 | 3607.7 | 3705.2 | 3804.9 |
| 38 | 3329.3 | 3420.7 | 3514.0 | 3609.3 | 3706.8 | 3806.6 |
| 39 | 3330.8 | 3422.2 | 3515.6 | 3611.0 | 3708.5 | 3808.2 |
| 40 | 3332.3 | 3423.7 | 3517.1 | 3612.6 | 3710.1 | 3809.9 |
| 41 | 3333.8 | 3425.3 | 3518.7 | 3614.2 | 3711.7 | 3811.6 |
| 42 | 3335.3 | 3426.8 | 3520.3 | 3615.8 | 3713.4 | 3813.3 |
| 43 | 3336.8 | 3428.4 | 3521.9 | 3617.4 | 3715.0 | 3815.0 |
| 44 | 3338.3 | 3429.9 | 3523.5 | 3619.0 | 3716.7 | 3816.7 |
| 45 | 3339.9 | 3431.5 | 3525.0 | 3620.6 | 3718.3 | 3818.3 |
| 46 | 3341.4 | 3433.0 | 3526.6 | 3622.2 | 3720.0 | 3820.0 |
| 47 | 3342.9 | 3434.6 | 3528.2 | 3623.8 | 3721.6 | 3821.7 |
| 48 | 3344.4 | 3436.1 | 3529.8 | 3625.4 | 3723.3 | 3823.4 |
| 49 | 3345.9 | 3437.6 | 3531.3 | 3627.1 | 3724.9 | 3825.1 |
| 50 | 3347.4 | 3439.2 | 3532.9 | 3628.7 | 3726.6 | 3826.8 |
| 51 | 3348.9 | 3440.7 | 3534.5 | 3630.3 | 3728.2 | 3828.5 |
| 52 | 3350.4 | 3442.3 | 3536.1 | 3631.9 | 3729.9 | 3830.2 |
| 53 | 3352.0 | 3443.8 | 3537.6 | 3633.5 | 3731.5 | 3831.9 |
| 54 | 3353.5 | 3445.4 | 3539.2 | 3635.1 | 3733.2 | 3833.6 |
| 55 | 3355.0 | 3446.9 | 3540.8 | 3636.7 | 3734.8 | 3835.3 |
| 56 | 3356.5 | 3448.5 | 3542.4 | 3638.3 | 3736.5 | 3837.0 |
| 57 | 3358.0 | 3450.0 | 3544.0 | 3640.0 | 3738.2 | 3838.6 |
| 58 | 3359.5 | 3451.6 | 3545.6 | 3641.6 | 3739.8 | 3840.3 |
| 59 | 3361.1 | 3453.1 | 3547.1 | 3643.2 | 3741.5 | 3842.0 |
| 60 | 3362.6 | 3454.7 | 3548.7 | 3644.8 | 3743.1 | 3843.7 |

| Minutos. | 54° Partes Meridionales. | 55° Partes Meridionales. | 56° Partes Meridionales. | 57° Partes Meridionales. | 58° Partes Meridionales. | 59° Partes Meridionales. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 3845.4 | 3948.5 | 4054.3 | 4162.8 | 4274.3 | 4388.9 |
| 2 | 3847.1 | 3950.3 | 4056.0 | 4164.6 | 4276.1 | 4390.9 |
| 3 | 3848.8 | 3952.0 | 4057.8 | 4166.4 | 4278.0 | 4392.8 |
| 4 | 3850.5 | 3953.8 | 4059.6 | 4168.3 | 4279.9 | 4394.7 |
| 5 | 3852.2 | 3955.5 | 4061.4 | 4170.1 | 4281.8 | 4396.7 |
| 6 | 3853.9 | 3957.2 | 4063.2 | 4172.0 | 4283.7 | 4398.6 |
| 7 | 3855.6 | 3959.0 | 4065.0 | 4173.8 | 4285.6 | 4400.6 |
| 8 | 3857.3 | 3960.7 | 4066.8 | 4175.6 | 4287.5 | 4402.5 |
| 9 | 3859.0 | 3962.5 | 4068.6 | 4177.5 | 4289.4 | 4404.5 |
| 10 | 3860.7 | 3964.2 | 4070.4 | 4179.3 | 4291.2 | 4406.4 |
| 11 | 3862.4 | 3966.0 | 4072.1 | 4181.1 | 4293.1 | 4408.4 |
| 12 | 3864.1 | 3967.7 | 4073.9 | 4183.0 | 4295.0 | 4410.3 |
| 13 | 3865.8 | 3969.5 | 4075.7 | 4184.8 | 4296.9 | 4412.3 |
| 14 | 3867.6 | 3971.2 | 4077.5 | 4186.7 | 4298.8 | 4414.2 |
| 15 | 3869.3 | 3973.0 | 4079.3 | 4188.5 | 4300.7 | 4416.2 |
| 16 | 3871.0 | 3974.7 | 4081.1 | 4190.4 | 4302.6 | 4418.1 |
| 17 | 3872.7 | 3976.5 | 4082.9 | 4192.2 | 4304.5 | 4420.1 |
| 18 | 3874.4 | 3978.2 | 4084.7 | 4194.1 | 4306.4 | 4422.0 |
| 19 | 3876.1 | 3980.0 | 4086.5 | 4195.9 | 4308.3 | 4424.0 |
| 20 | 3877.8 | 3981.7 | 4088.3 | 4197.7 | 4310.2 | 4425.9 |
| 21 | 3879.5 | 3983.5 | 4090.1 | 4199.6 | 4312.1 | 4427.9 |
| 22 | 3881.2 | 3985.2 | 4091.9 | 4201.4 | 4314.0 | 4429.8 |
| 23 | 3882.9 | 3987.0 | 4093.7 | 4203.3 | 4315.9 | 4431.8 |
| 24 | 3884.7 | 3988.8 | 4095.5 | 4205.2 | 4317.8 | 4433.8 |
| 25 | 3886.4 | 3990.5 | 4097.3 | 4207.0 | 4319.7 | 4435.7 |
| 26 | 3888.1 | 3992.3 | 4099.1 | 4208.9 | 4321.6 | 4437.7 |
| 27 | 3889.8 | 3994.0 | 4100.9 | 4210.7 | 4323.5 | 4439.6 |
| 28 | 3891.5 | 3995.8 | 4102.7 | 4212.6 | 4325.5 | 4441.6 |
| 29 | 3893.2 | 3997.5 | 4104.5 | 4214.4 | 4327.4 | 4443.6 |
| 30 | 3894.9 | 3999.3 | 4106.3 | 4216.3 | 4329.3 | 4445.5 |

| Minutos. | 54° Partes Meridionales. | 55° Partes Meridionales. | 56° Partes Meridionales. | 57° Partes Meridionales. | 58° Partes Meridionales. | 59° Partes Meridionales. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 31 | 3896.7 | 4001.1 | 4108.2 | 4218.1 | 4331.2 | 4447.5 |
| 32 | 3898.4 | 4002.8 | 4110.0 | 4220.0 | 4333.1 | 4449.5 |
| 33 | 3900.1 | 4004.6 | 4111.8 | 4221.9 | 4335.0 | 4451.5 |
| 34 | 3901.8 | 4006.4 | 4113.6 | 4223.7 | 4336.9 | 4453.4 |
| 35 | 3903.5 | 4008.1 | 4115.4 | 4225.6 | 4338.8 | 4455.4 |
| 36 | 3905.3 | 4009.9 | 4117.2 | 4227.4 | 4340.8 | 4457.4 |
| 37 | 3907.0 | 4011.7 | 4119.0 | 4229.3 | 4342.7 | 4459.3 |
| 38 | 3908.7 | 4013.4 | 4120.8 | 4231.2 | 4344.6 | 4461.3 |
| 39 | 3910.4 | 4015.2 | 4122.7 | 4233.0 | 4346.5 | 4463.3 |
| 40 | 3912.2 | 4016.9 | 4124.5 | 4234.9 | 4348.4 | 4465.3 |
| 41 | 3913.9 | 4018.7 | 4126.3 | 4236.8 | 4350.3 | 4467.2 |
| 42 | 3915.6 | 4020.5 | 4128.1 | 4238.6 | 4352.2 | 4469.2 |
| 43 | 3917.3 | 4022.3 | 4129.9 | 4240.5 | 4354.1 | 4471.2 |
| 44 | 3919.1 | 4024.0 | 4131.7 | 4242.4 | 4356.1 | 4473.2 |
| 45 | 3920.8 | 4025.8 | 4133.6 | 4244.2 | 4358.0 | 4475.2 |
| 46 | 3922.5 | 4027.6 | 4135.4 | 4246.1 | 4359.9 | 4477.1 |
| 47 | 3924.3 | 4029.4 | 4137.2 | 4248.0 | 4361.8 | 4479.1 |
| 48 | 3926.0 | 4031.1 | 4139.0 | 4249.8 | 4363.8 | 4481.1 |
| 49 | 3927.7 | 4032.9 | 4140.8 | 4251.7 | 4365.7 | 4483.1 |
| 50 | 3929.4 | 4034.7 | 4142.7 | 4253.6 | 4367.6 | 4485.1 |
| 51 | 3931.2 | 4036.5 | 4144.5 | 4255.5 | 4369.6 | 4487.1 |
| 52 | 3932.9 | 4038.2 | 4146.3 | 4257.3 | 4371.5 | 4489.0 |
| 53 | 3934.6 | 4040.0 | 4148.1 | 4259.2 | 4373.4 | 4491.0 |
| 54 | 3936.4 | 4041.8 | 4150.0 | 4261.1 | 4375.4 | 4493.0 |
| 55 | 3938.1 | 4043.6 | 4151.8 | 4263.0 | 4377.3 | 4495.0 |
| 56 | 3939.8 | 4045.4 | 4153.6 | 4264.9 | 4379.2 | 4497.0 |
| 57 | 3941.6 | 4047.2 | 4155.5 | 4266.7 | 4381.2 | 4499.0 |
| 58 | 3943.3 | 4048.9 | 4157.3 | 4268.6 | 4383.1 | 4501.0 |
| 59 | 3945.1 | 4050.7 | 4159.1 | 4270.5 | 4385.1 | 4503.0 |
| 60 | 3946.8 | 4052.5 | 4160.9 | 4272.4 | 4387.0 | 4505.0 |

| Minutos. | 60° Partes Meridionales. | 61° Partes Meridionales. | 62° Partes Meridionales. | 63° Partes Meridionales. | 64° Partes Meridionales. | 65° Partes Meridionales. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 4507.0 | 4628.7 | 4754.3 | 4884.1 | 5018.5 | 5157.7 |
| 2 | 4509.0 | 4630.7 | 4756.4 | 4886.3 | 5020.7 | 5160.1 |
| 3 | 4511.0 | 4632.8 | 4758.5 | 4888.5 | 5023.0 | 5162.5 |
| 4 | 4513.0 | 4634.9 | 4760.7 | 4890.7 | 5025.3 | 5164.9 |
| 5 | 4515.0 | 4636.9 | 4762.8 | 4892.9 | 5027.6 | 5167.2 |
| 6 | 4517.0 | 4639.0 | 4764.9 | 4895.1 | 5029.9 | 5169.6 |
| 7 | 4519.0 | 4641.1 | 4767.1 | 4897.3 | 5032.2 | 5172.0 |
| 8 | 4521.0 | 4643.1 | 4769.2 | 4899.5 | 5034.5 | 5174.3 |
| 9 | 4523.0 | 4645.2 | 4771.3 | 4901.7 | 5036.7 | 5176.7 |
| 10 | 4525.0 | 4647.3 | 4773.5 | 4904.0 | 5039.0 | 5179.1 |
| 11 | 4527.0 | 4649.3 | 4775.6 | 4906.2 | 5041.3 | 5181.5 |
| 12 | 4529.0 | 4651.4 | 4777.8 | 4908.4 | 5043.6 | 5183.8 |
| 13 | 4531.0 | 4653.5 | 4779.9 | 4910.6 | 5045.9 | 5186.2 |
| 14 | 4533.0 | 4655.6 | 4782.1 | 4912.8 | 5048.2 | 5188.6 |
| 15 | 4535.0 | 4657.6 | 4784.2 | 4915.0 | 5050.5 | 5191.0 |
| 16 | 4537.0 | 4659.7 | 4786.3 | 4917.3 | 5052.8 | 5193.4 |
| 17 | 4539.0 | 4661.8 | 4788.5 | 4919.5 | 5055.1 | 5195.8 |
| 18 | 4541.1 | 4663.8 | 4790.6 | 4921.7 | 5057.4 | 3198.2 |
| 19 | 4543.1 | 4665.9 | 4792.8 | 4923.9 | 5059.7 | 5200.5 |
| 20 | 4545.1 | 4668.0 | 4794.9 | 4926.1 | 5062.0 | 5202.9 |
| 21 | 4547.1 | 4670.1 | 4797.1 | 4928.4 | 5064.3 | 5205.3 |
| 22 | 4549.1 | 4672.2 | 4799.2 | 4930.6 | 5066.6 | 5207.7 |
| 23 | 4551.2 | 4674.3 | 4801.4 | 4932.8 | 5068.9 | 5210.1 |
| 24 | 4553.2 | 4676.4 | 4803.5 | 4935.1 | 5071.3 | 5212.5 |
| 25 | 4555.2 | 4678.4 | 4805.7 | 4937.3 | 5073.6 | 5214.9 |
| 26 | 4557.2 | 4680.5 | 4807.9 | 4939.5 | 5075.9 | 5217.3 |
| 27 | 4559.3 | 4682.6 | 4810.0 | 4941.8 | 5078.2 | 5219.7 |
| 28 | 4561.3 | 4684.7 | 4812.2 | 4944.0 | 5080.5 | 5222.1 |
| 29 | 4563.3 | 4686.8 | 4814.3 | 4946.2 | 5082.8 | 5224.5 |
| 30 | 4565.3 | 4688.9 | 4816.5 | 4948.5 | 5085.1 | 5226.9 |

| Minutos. | 60° Partes Meridionales. | 61° Partes Meridionales. | 62° Partes Meridionales. | 63° Partes Meridionales. | 64° Partes Meridionales. | 65° Partes Meridionales. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 31 | 4567.4 | 4691.0 | 4818.6 | 4950.7 | 5087.5 | 5229.3 |
| 32 | 4569.4 | 4693.1 | 4820.8 | 4952.9 | 5089.8 | 5231.8 |
| 33 | 4571.4 | 4695.2 | 4823.0 | 4955.2 | 5092.1 | 5234.2 |
| 34 | 4573.5 | 4697.3 | 4825.2 | 4957.4 | 5094.4 | 5236.6 |
| 35 | 4575.5 | 4699.4 | 4827.3 | 4959.7 | 5096.8 | 5239.0 |
| 36 | 4577.5 | 4701.5 | 4829.5 | 4961.9 | 5099.1 | 5241.4 |
| 37 | 4579.5 | 4703.6 | 4831.7 | 4964.2 | 5101.4 | 5243.8 |
| 38 | 4581.6 | 4705.7 | 4833.8 | 4966.4 | 5103.8 | 5246.3 |
| 39 | 4583.6 | 4707.8 | 4836.0 | 4968.6 | 5106.1 | 5248.7 |
| 40 | 4585.6 | 4709.9 | 4838.2 | 4970.9 | 5108.4 | 5251.1 |
| 41 | 4587.7 | 4712.0 | 4840.3 | 4973.1 | 5110.7 | 5253.5 |
| 42 | 4589.7 | 4714.1 | 4842.5 | 4975.4 | 5113.1 | 5256.0 |
| 43 | 4591.8 | 4716.2 | 4844.7 | 4977.7 | 5115.4 | 5258.4 |
| 44 | 4593.8 | 4718.3 | 4846.9 | 4979.9 | 5117.8 | 5260.8 |
| 45 | 4595.9 | 4720.4 | 4849.1 | 4982.2 | 5120.1 | 5263.2 |
| 46 | 4597.9 | 4722.5 | 4851.2 | 4984.4 | 5122.5 | 5265.7 |
| 47 | 4599.9 | 4724.6 | 4853.4 | 4986.7 | 5124.8 | 5268.1 |
| 48 | 4602.0 | 4726.7 | 4855.6 | 4988.9 | 5127.1 | 5270.5 |
| 49 | 4604.0 | 4728.8 | 4857.8 | 4991.2 | 5129.5 | 5273.0 |
| 50 | 4606.1 | 4730.9 | 4860.0 | 4993.5 | 5131.8 | 5275.4 |
| 51 | 4608.1 | 4733.1 | 4862.2 | 4995.7 | 5134.2 | 5277.9 |
| 52 | 4610.2 | 4735.2 | 4864.4 | 4998.0 | 5136.5 | 5280.3 |
| 53 | 4612.2 | 4737.3 | 4866.5 | 5000.3 | 5138.9 | 5282.7 |
| 54 | 4614.3 | 4739.4 | 4868.7 | 5002.6 | 5141.2 | 5285.2 |
| 55 | 4616.4 | 4741.5 | 4870.9 | 5004.8 | 5143.6 | 5287.6 |
| 56 | 4618.4 | 4743.7 | 4673.1 | 5007.1 | 5145.9 | 5290.1 |
| 57 | 4620.5 | 4745.8 | 4875.3 | 5009.4 | 5148.3 | 5292.5 |
| 58 | 4622.5 | 4747.9 | 4877.5 | 5011.6 | 5150.7 | 5295.0 |
| 59 | 4624.6 | 4750.0 | 4879.7 | 5013.9 | 5153.0 | 5297.4 |
| 60 | 4626.6 | 4752.2 | 4881.9 | 5016.2 | 5155.4 | 5299.9 |

| Minutos. | 66° Partes Meridionales. | 67° Partes Meridionales. | 68° Partes Meridionales. | 69° Partes Meridionales. | 70° Partes Meridionales. | 71° Partes Meridionales. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 5302.3 | 5452.8 | 5609.5 | 5773.2 | 5944.5 | 6124.3 |
| 2 | 5304.8 | 5455.3 | 5612.2 | 5776.0 | 5947.5 | 6127.4 |
| 3 | 5307.3 | 5457.9 | 5614.9 | 5778.8 | 5950.4 | 6130.5 |
| 4 | 5309.7 | 5460.5 | 5617.5 | 5781.6 | 5953.3 | 6133.6 |
| 5 | 5312.2 | 5463.0 | 5620.2 | 5784.4 | 5956.3 | 6136.7 |
| 6 | 5314.7 | 5465.6 | 5622.9 | 5787.2 | 5959.2 | 6139.7 |
| 7 | 5317.1 | 5468.2 | 5625.6 | 5790.0 | 5962.1 | 6142.8 |
| 8 | 5319.6 | 5470.7 | 5628.2 | 5792.8 | 5965.1 | 6145.9 |
| 9 | 5322.1 | 5473.3 | 5630.9 | 5795.6 | 5968.0 | 6148.0 |
| 10 | 5324.5 | 5475.9 | 5633.6 | 5798.4 | 5970.9 | 6152.1 |
| 11 | 5327.0 | 5478.4 | 5636.3 | 5801.2 | 5973.9 | 6155.2 |
| 12 | 5329.5 | 5481.0 | 5639.0 | 5804.0 | 5976.8 | 6158.3 |
| 13 | 5332.0 | 5483.6 | 5641.7 | 5806.8 | 5979.8 | 6161.4 |
| 14 | 5334.4 | 5486.2 | 5644.4 | 5809.7 | 5982.8 | 6164.5 |
| 15 | 5336.9 | 5488.8 | 5647.1 | 5812.5 | 5985.7 | 6167.6 |
| 16 | 5339.4 | 5491.3 | 5649.8 | 5815.3 | 5988.7 | 6170.7 |
| 17 | 5341.9 | 5493.9 | 5652.5 | 5818.1 | 5991.6 | 6173.8 |
| 18 | 5344.4 | 5496.5 | 5655.2 | 5820.9 | 5994.6 | 6176.9 |
| 19 | 5346.8 | 5499.1 | 5657.9 | 5823.8 | 5997.6 | 6180.0 |
| 20 | 5349.3 | 5501.7 | 5660.6 | 5826.6 | 6000.5 | 6183.2 |
| 21 | 5351.8 | 5504.3 | 5663.3 | 5829.4 | 6003.5 | 6186.3 |
| 22 | 5354.3 | 5506.9 | 5666.0 | 5832.3 | 6006.5 | 6189.4 |
| 23 | 5356.8 | 5509.5 | 5668.7 | 5835.1 | 6009.4 | 6192.6 |
| 24 | 5359.3 | 5512.1 | 5671.4 | 5838.0 | 6012.4 | 6195.7 |
| 25 | 5361.8 | 5514.7 | 5674.1 | 5840.8 | 6015.4 | 6198.8 |
| 26 | 5364.3 | 5517.3 | 5676.9 | 5843.6 | 6018.4 | 6202.0 |
| 27 | 5366.8 | 5519.9 | 5679.6 | 5846.5 | 6021.4 | 6205.1 |
| 28 | 5369.3 | 5522.5 | 5682.3 | 5849.3 | 6024.4 | 6208.2 |
| 29 | 5371.8 | 5525.1 | 5685.0 | 5852.2 | 6027.3 | 6211.4 |
| 30 | 5374.3 | 5527.7 | 5687.7 | 5855.0 | 6030.3 | 6214.5 |

| Minutos. | 66° Partes Meridionales. | 67° Partes Meridionales. | 68° Partes Meridionales. | 69° Partes Meridionales. | 70° Partes Meridionales. | 71° Partes Meridionales. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 31 | 5376.8 | 5530.3 | 5690.4 | 5857.9 | 6033.3 | 6217.7 |
| 32 | 5379.3 | 5532.9 | 5693.2 | 5860.7 | 6036.3 | 6220.8 |
| 33 | 5381.8 | 5535.5 | 5695.9 | 5863.6 | 6039.3 | 6224.0 |
| 34 | 5384.3 | 5538.2 | 5698.7 | 5866.5 | 6042.3 | 6227.2 |
| 35 | 5386.8 | 5540.8 | 5701.4 | 5869.3 | 6045.3 | 6230.3 |
| 36 | 5389.4 | 5543.4 | 5704.1 | 5872.2 | 6048.3 | 6233.5 |
| 37 | 5391.9 | 5546.0 | 5706.9 | 5875.1 | 6051.4 | 6236.6 |
| 38 | 5394.4 | 5548.6 | 5709.6 | 5877.9 | 6054.4 | 6239.8 |
| 39 | 5396.9 | 5551.3 | 5712.3 | 5880.8 | 6057.4 | 6243.0 |
| 40 | 5399.4 | 5553.9 | 5715.1 | 5883.7 | 6060.4 | 6246.1 |
| 41 | 5401.9 | 5556.5 | 5717.8 | 5886.5 | 6063.4 | 6249.3 |
| 42 | 5404.5 | 5559.2 | 5720.6 | 5889.4 | 6066.4 | 6252.5 |
| 43 | 5407.0 | 5561.8 | 5723.3 | 5892.3 | 6069.5 | 6255.7 |
| 44 | 5409.5 | 5564.4 | 5726.1 | 5895.2 | 6072.5 | 6258.9 |
| 45 | 5412.1 | 5567.1 | 5728.8 | 5898.1 | 6075.5 | 6262.1 |
| 46 | 5414.6 | 5569.7 | 5731.6 | 5901.0 | 6078.6 | 6265.3 |
| 47 | 5417.1 | 5572.4 | 5734.3 | 5903.9 | 6081.6 | 6268.5 |
| 48 | 5419.7 | 5575.0 | 5737.1 | 5906.7 | 6084.6 | 6271.7 |
| 49 | 5422.2 | 5577.6 | 5739.8 | 5909.6 | 6087.7 | 6274.9 |
| 50 | 5424.7 | 5580.3 | 5742.6 | 5912.5 | 6090.7 | 6278.1 |
| 51 | 5427.3 | 5582.9 | 5745.4 | 5915.4 | 6093.7 | 6281.3 |
| 52 | 5429.8 | 5585.6 | 5748.2 | 5918.3 | 6096.8 | 6284.5 |
| 53 | 5432.4 | 5588.2 | 5751.0 | 5921.2 | 6099.8 | 6287.7 |
| 54 | 5434.9 | 5590.9 | 5753.7 | 5924.1 | 6102.9 | 6290.9 |
| 55 | 5437.5 | 5593.5 | 5756.5 | 5927.1 | 6106.0 | 6294.1 |
| 56 | 5440.0 | 5596.2 | 5759.3 | 5930.0 | 6109.0 | 6297.4 |
| 57 | 5442.5 | 5598.8 | 5762.1 | 5932.9 | 6112.1 | 6300.6 |
| 58 | 5445.1 | 5601.5 | 5764.9 | 5935.8 | 6115.1 | 6303.8 |
| 59 | 5447.7 | 5604.1 | 5767.6 | 5938.7 | 6118.2 | 6307.0 |
| 60 | 5450.2 | 5606.8 | 5770.4 | 5941.6 | 6121.2 | 6310.2 |

| Minutos. | 72° Partes Meridionales. | 73° Partes Meridionales. | 74° Partes Meridionales. | 75° Partes Meridionales. | 76° Partes Meridionales. | 77° Partes Meridionales. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 6313.5 | 6513.1 | 6724.5 | 6949.2 | 7189.1 | 7446.4 |
| 2 | 6316.7 | 6516.5 | 6728.2 | 6953.1 | 7193.3 | 7450.9 |
| 3 | 6320.0 | 6520.0 | 6731.8 | 6957.0 | 7197.4 | 7455.4 |
| 4 | 6323.2 | 6523.4 | 6735.4 | 6960.9 | 7201.6 | 7459.9 |
| 5 | 6326.4 | 6526.9 | 6739.1 | 6964.8 | 7205.7 | 7464.3 |
| 6 | 6329.7 | 6530.3 | 6742.7 | 6968.6 | 7209.9 | 7468.8 |
| 7 | 6332.9 | 6533.7 | 6746.4 | 6972.5 | 7214.1 | 7473.3 |
| 8 | 6336.2 | 6537.2 | 6750.0 | 6976.4 | 7218.2 | 7477.8 |
| 9 | 6339.4 | 6540.6 | 6753.7 | 6980.3 | 7222.4 | 7482.2 |
| 10 | 6342.7 | 6544.0 | 6757.3 | 6984.2 | 7226.5 | 7486.7 |
| 11 | 6346.0 | 6547.5 | 6761.0 | 6988.1 | 7230.7 | 7491.2 |
| 12 | 6349.3 | 6551.0 | 6764.7 | 6992.0 | 7234.9 | 7495.7 |
| 13 | 6352.6 | 6554.4 | 6768.4 | 6995.9 | 7239.1 | 7500.3 |
| 14 | 6355.8 | 6557.9 | 6772.0 | 6999.9 | 7243.2 | 7504.8 |
| 15 | 6359.1 | 6561.4 | 6775.7 | 7003.8 | 7247.4 | 7509.3 |
| 16 | 6362.4 | 6564.8 | 6779.4 | 7007.7 | 7251.7 | 7513.8 |
| 17 | 6365.7 | 6568.3 | 6783.1 | 7011.6 | 7255.9 | 7518.4 |
| 18 | 6368.9 | 6571.8 | 6786.8 | 7015.6 | 7260.1 | 7522.9 |
| 19 | 6372.2 | 6575.2 | 6790.5 | 7019.5 | 7264.4 | 7527.5 |
| 20 | 6375.5 | 6578.7 | 6794.2 | 7023.4 | 7268.6 | 7532.0 |
| 21 | 6378.8 | 6582.2 | 6797.9 | 7027.4 | 7272.8 | 7536.6 |
| 22 | 6382.1 | 6585.7 | 6801.6 | 7031.4 | 7277.1 | 7541.2 |
| 23 | 6385.4 | 6589.2 | 6805.3 | 7035.3 | 7281.3 | 7545.7 |
| 24 | 6388.7 | 6592.7 | 6809.0 | 7039.3 | 7285.6 | 7550.3 |
| 25 | 6392.0 | 6596.2 | 6812.7 | 7043.3 | 7289.8 | 7554.9 |
| 26 | 6395.3 | 6599.7 | 6816.5 | 7047.3 | 7294.1 | 7559.5 |
| 27 | 6398.7 | 6603.2 | 6820.2 | 7051.2 | 7298.3 | 7564.1 |
| 28 | 6402.0 | 6606.7 | 6823.9 | 7055.2 | 7302.6 | 7568.7 |
| 29 | 6405.3 | 6610.2 | 6827.6 | 7059.2 | 7306.9 | 7573.3 |
| 30 | 6408.6 | 6613.7 | 6831.4 | 7063.1 | 7311.2 | 7577.9 |

| Minutos. | 72° Partes Meridionales. | 73° Partes Meridionales. | 74° Partes Meridionales. | 75° Partes Meridionales. | 76° Partes Meridionales. | 77° Partes Meridionales. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 31 | 6411.9 | 6617.2 | 6835.1 | 7067.1 | 7315.4 | 7582.5 |
| 32 | 6415.2 | 6620.8 | 6838.9 | 7071.1 | 7319.7 | 7587.2 |
| 33 | 6418.6 | 6624.3 | 6842.6 | 7075.2 | 7324.0 | 7591.8 |
| 34 | 6421.9 | 6627.9 | 6846.4 | 7079.2 | 7328.3 | 7596.4 |
| 35 | 6425.3 | 6631.4 | 6850.1 | 7083.2 | 7332.6 | 7601.1 |
| 36 | 6428.6 | 6634.9 | 6853.9 | 7087.2 | 7336.9 | 7605.7 |
| 37 | 6431.9 | 6638.5 | 6857.7 | 7091.2 | 7341.3 | 7610.4 |
| 38 | 6435.3 | 6642.0 | 6861.4 | 7095.3 | 7345.6 | 7615.1 |
| 39 | 6438.6 | 6645.5 | 6865.2 | 7099.3 | 7349.9 | 7619.7 |
| 40 | 6442.0 | 6649.1 | 6868.9 | 7103.3 | 7354.2 | 7624.4 |
| 41 | 6445.3 | 6652.6 | 6872.7 | 7107.3 | 7358.6 | 7629.1 |
| 42 | 6448.7 | 6656.2 | 6876.5 | 7111.4 | 7362.9 | 7633.8 |
| 43 | 6452.0 | 6659.8 | 6880.3 | 7115.4 | 7367.3 | 7638.5 |
| 44 | 6455.4 | 6663.4 | 6884.1 | 7119.5 | 7371.7 | 7643.2 |
| 45 | 6458.8 | 6666.9 | 6887.9 | 7123.5 | 7376.0 | 7647.9 |
| 46 | 6462.2 | 6670.5 | 6891.7 | 7127.6 | 7380.4 | 7652.6 |
| 47 | 6465.6 | 6674.1 | 6895.5 | 7131.7 | 7384.8 | 7657.3 |
| 48 | 6468.9 | 6677.7 | 6899.3 | 7135.8 | 7389.1 | 7662.0 |
| 49 | 6472.3 | 6681.2 | 6903.1 | 7139.8 | 7393.5 | 7666.8 |
| 50 | 6475.7 | 6684.8 | 6906.9 | 7143.9 | 7397.8 | 7671.5 |
| 51 | 6479.1 | 6688.4 | 6910.8 | 7148.0 | 7402.2 | 7676.3 |
| 52 | 6482.5 | 6692.0 | 6914.6 | 7152.1 | 7406.6 | 7681.0 |
| 53 | 6485.9 | 6695.6 | 6918.4 | 7156.2 | 7411.1 | 7685.8 |
| 54 | 6489.3 | 6699.2 | 6922.3 | 7160.3 | 7415.5 | 7690.6 |
| 55 | 6492.7 | 6702.8 | 6926.1 | 7164.4 | 7419.9 | 7695.3 |
| 56 | 6496.1 | 6706.5 | 6930.0 | 7168.5 | 7424.3 | 7700.1 |
| 57 | 6499.5 | 6710.1 | 6933.8 | 7172.6 | 7428.7 | 7704.9 |
| 58 | 6502.9 | 6713.7 | 6937.7 | 7176.8 | 7433.2 | 7709.7 |
| 59 | 6506.3 | 6717.3 | 6941.5 | 7180.9 | 7437.6 | 7714.5 |
| 60 | 6509.7 | 6720.9 | 6945.4 | 7185.0 | 7442.0 | 7719.3 |

| Minutos. | 78° Partes Meridionales. | 79° Partes Meridionales. | 80° Partes Meridionales. | 81° Partes Meridionales. | 82° Partes Meridionales. | 83° Partes Meridionales. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 7724.1 | 8025.5 | 8355.5 | 8719.9 | 9127.0 | 9588.3 |
| 2 | 7728.9 | 8030.8 | 8361.3 | 8726.3 | 9134.2 | 9596.6 |
| 3 | 7733.7 | 8036.1 | 8367.1 | 8732.7 | 9141.5 | 9604.8 |
| 4 | 7738.6 | 8041.3 | 8372.8 | 8739.2 | 9148.7 | 9613.1 |
| 5 | 7743.4 | 8046.6 | 8378.6 | 8745.6 | 9156.0 | 9621.4 |
| 6 | 7748.2 | 8052.9 | 8384.5 | 8752.1 | 9163.2 | 9629.7 |
| 7 | 7753.1 | 8057.2 | 8390.3 | 8758.5 | 9170.5 | 9638.0 |
| 8 | 7757.9 | 8062.5 | 8396.1 | 8765.0 | 9177.8 | 9646.4 |
| 9 | 7762.8 | 8067.8 | 8402.0 | 8771.5 | 9185.1 | 9654.8 |
| 10 | 7767.7 | 8073.1 | 8407.8 | 8778.0 | 9192.4 | 9663.2 |
| 11 | 7772.6 | 8078.4 | 8413.6 | 8784.5 | 9199.8 | 9671.6 |
| 12 | 7777.4 | 8083.8 | 8419.5 | 8791.1 | 9207.1 | 9680.0 |
| 13 | 7782.3 | 8089.2 | 8425.4 | 8797.6 | 9214.5 | 9688.5 |
| 14 | 7787.2 | 8094.5 | 8431.3 | 8804.2 | 9221.9 | 9696.9 |
| 15 | 7792.1 | 8099.8 | 8437.2 | 8810.7 | 9229.3 | 9705.4 |
| 16 | 7797.1 | 8105.2 | 8443.1 | 8817.3 | 9236.7 | 9714.0 |
| 17 | 7802.0 | 8110.6 | 8449.0 | 8823.9 | 9244.2 | 9722.5 |
| 18 | 7806.9 | 8115.9 | 8455.0 | 8830.5 | 9251.6 | 9731.1 |
| 19 | 7811.8 | 8121.3 | 8460.9 | 8837.1 | 9259.1 | 9739.6 |
| 20 | 7816.8 | 8126.7 | 8466.8 | 8843.7 | 9266.6 | 9748.2 |
| 21 | 7821.7 | 8132.1 | 8472.8 | 8850.4 | 9274.1 | 9756.9 |
| 22 | 7826.7 | 8137.5 | 8478.7 | 8857.0 | 9281.6 | 9765.5 |
| 23 | 7831.6 | 8142.9 | 8484.7 | 8863.7 | 9289.1 | 9774.2 |
| 24 | 7836.6 | 8148.4 | 8490.7 | 8870.4 | 9296.7 | 9782.9 |
| 25 | 7841.6 | 8153.8 | 8496.7 | 8877.1 | 9304.3 | 9791.6 |
| 26 | 7846.6 | 8159.3 | 8502.7 | 8883.8 | 9311.9 | 9800.3 |
| 27 | 7851.5 | 8164.7 | 8508.7 | 8890.5 | 9319.5 | 9809.1 |
| 28 | 7856.5 | 8170.2 | 8514.8 | 8897.2 | 9327.1 | 9817.8 |
| 29 | 7861.6 | 8175.7 | 8520.8 | 8904.0 | 9334.7 | 9826.6 |
| 30 | 7866.6 | 8181.1 | 8526.9 | 8910.7 | 9342.4 | 9835.5 |

| Minutos. | 78° Partes Meridionales. | 79° Partes Meridionales. | 80° Partes Meridionales. | 81° Partes Meridionales. | 82° Partes Meridionales. | 83° Partes Meridionales. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 31 | 7871.6 | 8186.6 | 8532.9 | 8917.5 | 9350.0 | 9844.3 |
| 32 | 7876.6 | 8192.1 | 8539.0 | 8924.3 | 9357.7 | 9853.2 |
| 33 | 7881.6 | 8197.6 | 8545.1 | 8931.1 | 9365.4 | 9862.1 |
| 34 | 7886.7 | 8203.2 | 8551.2 | 8937.9 | 9373.1 | 9871.0 |
| 35 | 7891.7 | 8208.7 | 8557.3 | 8944.7 | 9380.9 | 9879.9 |
| 36 | 7896.8 | 8214.2 | 8563.4 | 8951.5 | 9388.6 | 9888.9 |
| 37 | 7901.8 | 8219.7 | 8569.5 | 8958.4 | 9396.4 | 9897.9 |
| 38 | 7906.9 | 8225.3 | 8575.7 | 8965.3 | 9404.2 | 9906.9 |
| 39 | 7912.0 | 8230.9 | 8581.8 | 8972.1 | 9412.0 | 9915.9 |
| 40 | 7917.1 | 8236.4 | 8588.0 | 8979.0 | 9419.8 | 9924.0 |
| 41 | 7922.2 | 8242.0 | 8594.1 | 8986.0 | 9427.7 | 9934.0 |
| 42 | 7927.3 | 8247.6 | 8600.3 | 8992.9 | 9435.5 | 9943.1 |
| 43 | 7932.4 | 8253.2 | 8606.5 | 8999.8 | 9443.4 | 9952.2 |
| 44 | 7937.5 | 8258.8 | 8612.7 | 9006.8 | 9451.3 | 9961.4 |
| 45 | 7942.6 | 8264.4 | 8618.9 | 9013.7 | 9458.2 | 9970.6 |
| 46 | 7947.7 | 8270.0 | 8625.2 | 9020.7 | 9467.2 | 9979.8 |
| 47 | 7952.9 | 8275.7 | 8631.4 | 9027.7 | 9475.1 | 9989.0 |
| 48 | 7958.0 | 8281.3 | 8637.7 | 9034.7 | 9483.1 | 9998.2 |
| 49 | 7963.2 | 8287.0 | 8643.9 | 9041.7 | 9491.1 | 10007.5 |
| 50 | 7968.3 | 8292.6 | 8650.2 | 9044.7 | 9499.1 | 10016.8 |
| 51 | 7973.5 | 8298.3 | 8656.5 | 9055.8 | 9507.1 | 10026.1 |
| 52 | 7978.7 | 8304.0 | 8662.8 | 9062.8 | 9515.1 | 10035.5 |
| 53 | 7983.8 | 8309.6 | 8669.1 | 9069.9 | 9523.2 | 10044.8 |
| 54 | 7989.0 | 8315.3 | 8675.4 | 9077.0 | 9531.3 | 10054.2 |
| 55 | 7994.2 | 8321.1 | 8681.7 | 9084.1 | 9539.4 | 10063.6 |
| 56 | 7999.4 | 8326.8 | 8688.1 | 9091.2 | 9547.5 | 10073.1 |
| 57 | 8004.6 | 8332.5 | 8694.4 | 9098.4 | 9555.6 | 10082.6 |
| 58 | 8009.8 | 8338.2 | 8700.8 | 9105.5 | 9563.8 | 10092.1 |
| 59 | 8015.0 | 8344.0 | 8707.1 | 9112.7 | 9562.0 | 10101.6 |
| 60 | 8020.3 | 8349.7 | 8713.5 | 9119.8 | 9580.1 | 10111.2 |

| Minutos. | 84° Partes Meridionales. | 85° Partes Meridionales. | 86° Partes Meridionales. | 87° Partes Meridionales. | 88° Partes Meridionales. | 89° Partes Meridionales. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 10120.7 | 10750.3 | 11521.1 | 12515.4 | 13919.3 | 16331.5 |
| 2 | 10130.3 | 10761.9 | 11535.5 | 12534.7 | 13948.4 | 16390.2 |
| 3 | 10140.0 | 10773.4 | 11550.0 | 12554.1 | 13977.6 | 16450·0 |
| 4 | 10149.6 | 10785.0 | 11564.5 | 12573.6 | 14007.1 | 16510.9 |
| 5 | 10159.3 | 10796.7 | 11579.1 | 12593.2 | 14036.9 | 16573.8 |
| 6 | 10169.0 | 10808.4 | 11593 8 | 12612.9 | 14066.9 | 16635.9 |
| 7 | 10178.8 | 10820.1 | 11608.5 | 12632.7 | 14097.2 | 16700.2 |
| 8 | 10188.5 | 10831.9 | 11623.3 | 12652.6 | 14127.8 | 16765.7 |
| 9 | 10198.3 | 10843.7 | 11638.2 | 12672.7 | 14158.6 | 16832.4 |
| 10 | 10208.2 | 10855.5 | 11653.1 | 12692.8 | 14189.8 | 16900.5 |
| 11 | 10218.0 | 10867.4 | 11668.1 | 12713.1 | 14221.1 | 16969.9 |
| 12 | 10227.9 | 10879.3 | 11683.2 | 12733.5 | 14252.8 | 17040.8 |
| 13 | 10237.8 | 20891.3 | 11698.3 | 12754.1 | 14284.8 | 17113.2 |
| 14 | 10247.7 | 10903.3 | 11713.5 | 12774.7 | 14317.1 | 17187.1 |
| 15 | 10257.7 | 10915.4 | 11728.7 | 12795.5 | 14349.7 | 17262.7 |
| 16 | 10267.7 | 10927.5 | 11744.1 | 12816.4 | 14382.6 | 17340.0 |
| 17 | 10277.7 | 10939.6 | 11759.5 | 12837.5 | 14415.8 | 17419.0 |
| 18 | 10287.8 | 10951.8 | 11774.9 | 12858.6 | 14449.4 | 17499.9 |
| 19 | 10297.9 | 10964.0 | 11790.4 | 12879.9 | 14483.2 | 17582.7 |
| 20 | 10308.0 | 10976.3 | 11806.0 | 12901.3 | 14511.5 | 17667.6 |
| 21 | 10318.1 | 10988.6 | 11821.7 | 12922.9 | 14552.0 | 17754.7 |
| 22 | 10328.3 | 11001.0 | 11837.5 | 12944.6 | 14586.9 | 17844.0 |
| 23 | 10338.5 | 11013.4 | 11853.3 | 12966.4 | 14622.2 | 17935.6 |
| 24 | 10348.7 | 11025.8 | 11869.2 | 12988.4 | 14657.8 | 18029.8 |
| 25 | 10359.0 | 11038.3 | 11885.1 | 13010.5 | 14693.8 | 18126.7 |
| 26 | 10369.3 | 11050.8 | 11901.2 | 13032.8 | 14730.2 | 18226.3 |
| 27 | 10379.6 | 11063.4 | 11917.3 | 13055.2 | 14767.0 | 18329.0 |
| 28 | 10390.0 | 11076 0 | 11933.5 | 13077.7 | 14804.1 | 18434.7 |
| 29 | 10400.3 | 11088.7 | 11949.7 | 13100.4 | 14841.7 | 18543.9 |
| 30 | 10410.8 | 11101.4 | 11967.1 | 13123.3 | 14879.7 | 18656.6 |

| Minutos. | 84° Partes Meridionales. | 85° Partes Meridionales. | 86° Partes Meridionales. | 87° Partes Meridionales. | 88° Partes Meridionales. | 89° Partes Meridionales. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 31 | 10421.2 | 11114.2 | 11982.5 | 13146.3 | 14918.1 | 18773.2 |
| 32 | 10431.7 | 11127.0 | 11999.0 | 13169.4 | 14957.0 | 18893.8 |
| 33 | 10442.2 | 11139.9 | 12015.6 | 13192.7 | 14996.3 | 19018.8 |
| 34 | 10452.7 | 11152.8 | 12032.2 | 13216.2 | 15036.0 | 19148.6 |
| 35 | 10463.3 | 11165.8 | 12049.0 | 13239.9 | 15076.2 | 19283.4 |
| 36 | 10473.9 | 11178.8 | 12065.8 | 13263.7 | 15116.9 | 19423.7 |
| 37 | 10484.6 | 11191.8 | 12082.7 | 13287.6 | 15158.1 | 19569.9 |
| 38 | 10495.3 | 11204.9 | 12099.7 | 13311.7 | 15199.8 | 19722.9 |
| 39 | 10505.0 | 11218.1 | 12116.7 | 13336.0 | 15241.9 | 19882.8 |
| 40 | 10516.7 | 11231.3 | 12133.9 | 13360.5 | 15284.6 | 20050.5 |
| 41 | 10527.5 | 11244.6 | 12151.1 | 13385.2 | 15327.9 | 20226.8 |
| 42 | 10538.3 | 11257.9 | 12168.5 | 13410.0 | 15371.7 | 20412.7 |
| 43 | 10549.1 | 11271.2 | 12185.9 | 13435.0 | 15416.1 | 20609.2 |
| 44 | 10560.0 | 11284.7 | 12203.4 | 13460.2 | 15461.0 | 20817.6 |
| 45 | 10570.9 | 11298.1 | 12221.0 | 13485.6 | 15506.5 | 21039.5 |
| 46 | 10581.9 | 11311.6 | 12238.7 | 13511.1 | 15552.7 | 21276.7 |
| 47 | 10592.8 | 11325.2 | 12256.4 | 13536.9 | 15599.5 | 21531.4 |
| 48 | 10603.9 | 11338.8 | 12274.3 | 13562.9 | 15646.9 | 21806.6 |
| 49 | 10614.8 | 11352.5 | 12292.3 | 13589.0 | 15695.0 | 22105.7 |
| 50 | 10626.0 | 11366.3 | 12310.3 | 13615.4 | 15743.7 | 22433.4 |
| 51 | 10637.1 | 11380.1 | 12328.5 | 13641.9 | 15793.2 | 22795.6 |
| 52 | 10648.3 | 11393.9 | 12346.7 | 13668.7 | 15843.4 | 23200.5 |
| 53 | 10659.5 | 11407.8 | 12365.1 | 13695.6 | 15894.3 | 23659.5 |
| 54 | 10670.7 | 11421.8 | 12383.5 | 13722.8 | 15946.0 | 24189.5 |
| 55 | 10682.0 | 11435.8 | 12402.1 | 13750.2 | 15998.5 | 24816.3 |
| 56 | 10693.3 | 11449.8 | 12420.7 | 13777.8 | 16051.8 | 25583.4 |
| 57 | 10704.6 | 11464.0 | 12439.4 | 13805.7 | 16106.0 | 26572.3 |
| 58 | 10716.0 | 11478.2 | 12458.3 | 13833.7 | 16161.0 | 27966.2 |
| 59 | 10727.4 | 11492.4 | 12477.2 | 13862.0 | 16216.9 | 30349.1 |
| 60 | 10738.8 | 11506.7 | 12496.3 | 13890.6 | 16273.7 | ∞ |

## CAPITULO II.

### *De la Correccion , que de la desigualdad de los grados en Latitud , ſe origina en las diferencias en Latitud, y Diſtancias.*

TEniendo con la Tabla antecedente lo ſuficiente para hallar la Longitud en el Mar ſobre la Elipſoide, paſſarémos à dàr el methodo de corregir , lo que la deſigualdad de los grados en Latitud produce de alteracion en las diferencias de Latitud, y diſtancias. Para ello es neceſſario notar, que en la proyeccion de la Eſphera de *M. Eduardo Wright* , de la qual deducimos las Tablas de partes Meridionales, todos los grados de Longitud ſe ſuponen iguales: eſto es, iguales al del Equador; con que para la exactitud en la practica , es meneſter , que el Piloto ſeñale ſu Corredera debaxo de eſte principio , dandole la longitud correſpondiente à la magnitud de eſte grado; pero como los de Latitud ſean en unos parages mayores, y en otros menores que èl, debemos paràr la atencion à eſta deſigualdad; porque ſupueſto que el Piloto navegue en las immediaciones del Equador Norte Sur , en donde los grados de Latitud ſon menores , que los de Longitud, haviendole dado à la Corredera el largo correſpondiente al grado del miſmo Equador , ſu diferencia en Latitud de la eſtima ſerà menor , que la efectiva , en una cantidad proporcional al exceſſo de los grados de Longitud ſobre los de Latitud ; y lo miſmo la Diſtancia. El methodo de corregir eſte yerro , ſe vè practicado por *M. Murdoch* en ſus *Tablas Loxodromicas* ; y ſe reduce à formar una Tabla del

del valor de todos los grados de Latitud, por la qual se consiguen, con la simple regla de tres, las correciones deseadas, en la forma que se verà mas adelante.

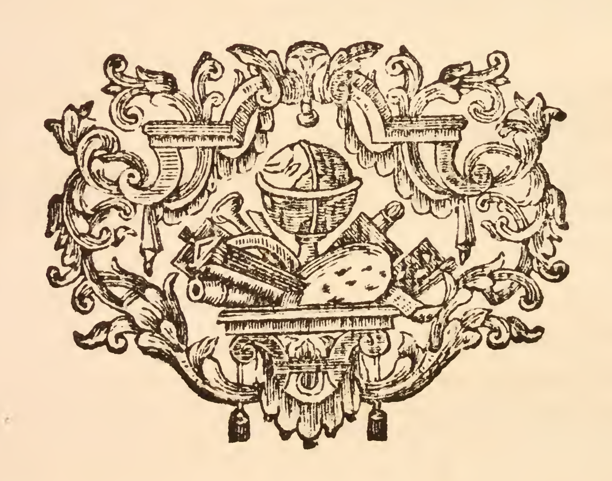
En el Libro VII. Corolario VII. demonstramos, que los excessos de los grados de Latitud, sobre el contiguo à el Equador, son como los quadrados de los Senos de sus Latitudes; y[a] que en la Latitud de 54° 44′ 08″, el grado del Meridiano es igual al del Equador; esto pues, nos facilita el modo, de hallar los excessos de todos los grados de Latitud, sobre el contiguo al Equador, y de formar la Tabla que necessitamos; porque el quadrado del Seno de la Latitud 54° 44′ 08″, serà al quadrado del Seno de Latitud, cuyo excesso de grado se busca, como el excesso del grado del Equador sobre el de Meridiano contiguo à este Circulo, à el excesso del grado que se busca. No necessitamos pues segun esto mas, que hallar el excesso del grado del Equador sobre el immediato à este Circulo de Meridiano; y haviendo dicho, que estos dos grados son como $1+2\delta$, à 1[b]; ò como 267 à 265, se sigue, que suponiendo el grado del Equador de 60 minutos, el excesso de èste sobre el que le es contiguo de Meridiano, serà de 0.449. Con esto, para hallar, por exemplo, el excesso del grado de Latitud, en la de 40°, sobre el de Meridiano contiguo al Equador, dirémos.

El quadrado del Seno de 54° 44′ 08″
es al quadrado del Seno de 40°
como 0.449
à 0.281

 Si

a Corolario 14. Lib. 7
b Corolario 11. Lib. 7

Si eſte exceſſo ſe añade à el grado de Meridiano contiguo al Equador, ſe tendrà el grado de la Latitud 40°; y con igual proceder continuando ſe conſtruirà la Tabla ſiguiente, que nos ſervirà en el Capitulo tercero, para corregir las diferencias en Latitud de la eſtima, y las diſtancias navegadas. O bien, ſi eſte methodo pareciere algo dilatado, ſe podrà conſtruir la miſma Tabla, reduciendo la que dimos en el Libro antecedente pagina 346 en toeſas, à minutos del Equador, que ſe hace partiendo las toeſas, que alli ſe dieron de valor à cada grado, y arco por $\frac{81}{112}$ toeſas, que vale el minuto del Equador.



# Tabla del valor de Grados, y Arcos del Meridiano terrestre en minutos, y centabos de minuto del Equador.

| Latitud. | Valor de los grados del Meridiano | Valor de los arcos del Meridiano | Latitud. | Valor de los grados del Meridiano | Valor de los arcos del Meridiano | Latitud. | Valor de los grados del Meridiano | Valor de los arcos del Meridiano |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Minutos. | Minutos. | | Minutos. | Minutos. | | Minutos. | Minutos. |
| 0° | | 0000.00 | 30° | | 1788.26 | 60° | | 3584.88 |
| 1 | 59.55 | 59.55 | 31 | 59.72 | 1847.98 | 61 | 60.06 | 3644.94 |
| 2 | 59.55 | 119.10 | 32 | 59.74 | 1907.72 | 62 | 60.07 | 3705.01 |
| 3 | 59.55 | 178 65 | 33 | 59.74 | 1967.46 | 63 | 60.08 | 3765.09 |
| 4 | 59.56 | 238.21 | 34 | 59.76 | 2027.22 | 64 | 60.09 | 3825.18 |
| 5 | 59.55 | 297.76 | 35 | 59.77 | 2086.99 | 35 | 60.10 | 3885.28 |
| 6 | 59.55 | 357.31 | 36 | 59.77 | 2146.76 | 66 | 60.11 | 3945.39 |
| 7 | 59.56 | 416.87 | 37 | 59.79 | 2206.55 | 67 | 60.11 | 4005.50 |
| 8 | 59.57 | 476.44 | 38 | 59.80 | 2266.35 | 68 | 60.13 | 4065.63 |
| 9 | 59.56 | 536.00 | 39 | 59.81 | 2326.16 | 69 | 60.13 | 4125.76 |
| 10 | 59.57 | 595.57 | 40 | 59.82 | 2385.98 | 70 | 60.14 | 4185.90 |
| 11 | 59.57 | 655.14 | 41 | 59.84 | 2445.82 | 71 | 60.15 | 4246.05 |
| 12 | 59.58 | 714.72 | 42 | 59.85 | 2505.67 | 72 | 60.16 | 4306.21 |
| 13 | 59.58 | 774.30 | 43 | 59.86 | 2565.53 | 73 | 60.16 | 4366.37 |
| 14 | 59.59 | 833.89 | 44 | 59.87 | 2625.40 | 74 | 60.17 | 4426.54 |
| 15 | 59.59 | 893.48 | 45 | 59.88 | 2685.28 | 75 | 60.18 | 4486.72 |
| 16 | 59.60 | 953.08 | 46 | 59.89 | 2745.17 | 76 | 60.18 | 4546.90 |
| 17 | 59.61 | 1012.69 | 47 | 59.90 | 2805.07 | 77 | 60.19 | 4607.09 |
| 18 | 59.61 | 1072.30 | 48 | 59.92 | 1864.99 | 78 | 60.19 | 4667.28 |
| 19 | 59.61 | 1131.91 | 49 | 59.93 | 2924.92 | 79 | 60.20 | 4727.48 |
| 20 | 59.63 | 1191.54 | 50 | 59.94 | 2984.86 | 80 | 60.20 | 4787.68 |
| 21 | 59.63 | 1251.17 | 51 | 59.95 | 3044.81 | 81 | 60.21 | 4847.89 |
| 22 | 59.64 | 1310.81 | 52 | 59.96 | 3104.77 | 82 | 60.21 | 4908.10 |
| 23 | 59.65 | 1370.46 | 53 | 59.97 | 3164.74 | 83 | 60.21 | 4968.31 |
| 24 | 59.66 | 1430.12 | 54 | 59.99 | 3224.73 | 84 | 60.22 | 5028.53 |
| 25 | 59.67 | 1489.79 | 55 | 60.00 | 3284.73 | 85 | 60.22 | 5088.75 |
| 26 | 59.67 | 1549.46 | 56 | 60.01 | 3344.74 | 86 | 60.22 | 5148.97 |
| 27 | 59 69 | 1609.15 | 57 | 60.02 | 3404.76 | 87 | 60.22 | 5209.19 |
| 28 | 59.69 | 1668.84 | 58 | 60.03 | 3464.79 | 88 | 60.22 | 5269.41 |
| 29 | 59.70 | 1728.54 | 59 | 60.04 | 3524.83 | 89 | 60.22 | 5329.63 |
| 30 | 59.72 | 1788.26 | 60 | 60.05 | 3584.88 | 90 | 60.22 | 5389.85 |

## CAPITULO III.

### *Practica de la Navegacion ſobre la Elipſoide.*

SI los Capitulos antecedentes fueſſen algo dificiles de comprehender por los meros Pilotos, el ſiguiente ſe les harà mas inteligible, pues ſe reduce à las operaciones, que deben practicar en la Navegacion; pero ante todas coſas ſe debe eſtàr en la inteligencia, de que la Corredera ſe ha de marcar ſegun la magnitud del grado del Equador, que yà diximos ſer de $57228\frac{1}{2}$ toeſas del piè de Rey de *Parìs*; y porque entre nudo, y nudo debe tener eſte Inſtrumento $\frac{1}{120}$ de milla, reſpecto de que la Ampolleta de ordinario ſe fabrica de $\frac{1}{120}$ de hora; ſerà eſta cantidad de $\frac{57228\frac{1}{2}}{60.(120)}$: eſto es, de 47 pies, 8 pulgadas, que equivalen à 50 pies, 10 pulgadas de Londres. Con eſte fundamento podemos reſolver los Problemas de Navegacion por las dos Tablas antecedentes.

PRO-

## PROBLEMA I.

# Dada la diſtancia navegada debaxo del Meridiano, hallar la diferencia en Latitud.

SUpongaſe, que un Navio ſaliò de la Latitud Norte 1 grado, y navegò al Septentrion 240 millas de diſtancia, la qual fuera aſsimiſmo, en la ſupoſicion de la Tierra Eſphérica, la diferencia en Latitud 4 grados, que llamarémos en adelante *diferencia en Latitud Eſphèrica*; agregaſe èſta à la Latitud ſalida, y ſe tendrà la arribada 5 grados, baxo de la miſma ſupoſicion. Para hallar la verdadera, tomeſe en la Tabla del valor de los grados, y arcos de Meridiano la diferencia entre el arco de 5°, que es de 297.′76, y el de 1°, que es de 59.′55, y ſe hallarà de 238.21; reſteſe eſta cantidad de la *diferencia en Latitud Eſphérica* 240′, y el reſiduo 1.′79 agregado à la miſma *diferencia en Latitud Eſphèrica*, darà 241.′79, ò 242 minutos por la diferencia en Latitud verdadera, que hacen 4° 02′; los quales agregados à la Latitud ſalida 1°, daràn 5° 02′ por la Latitud arribada.

NOTA. El reſiduo, que en eſte exemplo es 1.′79, ſe ha de añadir à la *diferencia en Latitud Eſphèrica*, ſiempre que la navegacion ſe hiciere entre el Equador, y la Latitud de 54° 44′; pero ſi ſe hiciere en mayores Latitudes, ſe ha de ſubſtraer, para obtener la diferencia en Latitud verdadera.

PRO-

## PROBLEMA II.

# Dada la diſtancia navegada debaxo de un Rumbo Obliquo, hallar la Latitud, y Longitud.

SUpongaſe, que un Navio ſaliendo de la Latitud Norte 1 grado, navegò al N.N.E. 240 millas; y aſsimiſmo, que en el Triangulo CAB[a], C repreſente el punto de la ſalida, ACB el angulo del Rumbo, C*b* la diſtancia navegada, C*a* la *diferencia en Latitud Eſphérica*, CA la diferencia en Latitud en partes Meridionales, y AB la Longitud. Segun eſto, para hallar la *diferencia en Latitud Eſphérica*, dirémos

[a] Fig. 8. Lam. 8.

| | | |
|---|---|---|
| El Radio | | 10.0000000 |
| es al Seno 2 de ACB | 67° 30′ | 9.9656153 |
| como la diſtancia C*b* | 240 | 2.3802112 |
| à la *diferencia en Latitud Eſphérica* C*a* | 221.73 | 2.3458265 |

Para hallar la verdadera, ſe notarà, que eſta navegacion ſe hizo entre el 1 y 5 grados de Latitud; entre los quales hay 240′ de *diferencia en Latitud Eſphérica*, à quienes correſponden, ſegun el Problema antecedente, y la Tabla del valor de los grados, y arcos de Meridiano, 238′.21 de diferencia en Latitud verdadera; hagaſe pues eſta analogìa 240 : 238.21 = 221.73 : 220.08; reſteſe eſte quarto termino del tercero, y ſe tendrà por reſiduo 1.′65; que agregado al tercer termino, ſe tendràn ... 223.′38, ò 223′ juſtos, por la diferencia en Latitud verdadera, que hacen 3° 43′; los quales añadidos à la Latitud ſalida 1°, ſe tendrà la arribada 4° 43.′

Pa-

Para hallar la diferencia en Longitud, ſe ſubſtraeràn las partes Meridionales de 1°, 59.6, de las miſmas de 4° 43′, 281.2, y el reſiduo 221.6, ſerà la diferencia en Latitud en partes Meridionales CA; y ſe dirà

| | | |
|---|---|---|
| El Radio | | 10. 0000000 |
| es à la Tangente de ACB | 22° 30′ | 9.6172243 |
| como la diferencia en Latitud en partes Meridionales | CA=221.6 | 2.3455698 |
| à la diferencia en Longitud AB | 91.8 | 1.9627941 |

No ſe haga aqui eſtraño à los Pilotos, que la diferencia en Latitud en partes Meridionales ſea menor, que la diferencia en Latitud verdadera, pues aſsi debe ſuceder; porque el primer valor de minutos es mayor, que el ſegundo.

## PROBLEMA III.

## Dada la diferencia en Latitud verdadera, y el Rumbo, hallar la diſtancia, y Longitud.

SUpongaſe, que un Navio ſaliendo de la Latitud Norte 1 grado, navegò al N. N. E, haſta que obſervò 5 grados de Latitud tambien Norte; y que en el Triangulo CAB, ACB repreſente el angulo del Rumbo, *a*C la diferencia en Latitud verdadera, C*b* la diſtancia, que llamarè *Eliptica*, CA la diferencia en Latitud como antes en partes Meridionales, y AB la Longitud. Para hallar la *diſtancia Eliptica*, dirémos

| | | |
|---|---|---|
| El Seno 2 de ACB | 67° 30′ | 9.9656153 |
| es al Radio | | 10. 0000000 |

| | | |
|---|---|---|
| como la diferencia en Lat. verdad. *a*C | 240. | 2.3802112 |
| à la *diſtancia Eliptica Cb* | 259.8 | 2.4145959 |

Para hallar la verdadera, ſe ſubſtraerà como en el Problema I, el arco de 5 grados de la Tabla de los grados, y arcos de Meridiano, del arco de 1°, y ſe tendrà por reſiduo 238′21; con lo qual, ſe dirà, 240 : 238′. 21 = 259.8 : 254.5; y eſte quarto termino ſerà la diſtancia verdadera.

Nota; quando ſe navega entre el Equador, y la Latitud de 54° 44′, la diſtancia verdadera debe ſer menor que la *Eliptica*; y al contrario, quanto ſe navegare en mayores Latitudes. La Longitud ſe hallarà como en el Problema antecedente.

## PROBLEMA IV.

## Dada la diferencia en Latitud verdadera, y la diſtancia aſsimiſmo verdadera, hallar el Rumbo, y la Longitud.

SUpongaſe, que un Navio ſaliendo de la Latitud Norte 1 grado, navegò en el primer Quadrante 260 millas, haſta que obſervò 5° de Latitud Norte; y que en el Triangulo CAB, C*b* repreſenta la diſtancia verdadera, C*a* la *diferencia en Latitud Eſphèrica*, y las demàs lineas, y angulos como en los Problemas antecedentes. Para hallar el Rumbo, es preciſo buſcar primero la *diferencia en Latitud Eſphèrica* C*a*; que ſegun las operaciones antecedentes es de 238′.21, y dirémos

| | | |
|---|---|---|
| La diſtancia verdadera C*b* | 260 | 2.4149733 |

es

| | | |
|---|---|---|
| es à la *diferencia en Lat.Esph.* Ca | 238.21 | 2.3769598 |
| como el Radio | | 10.0000000 |
| al Seno 2 de | 66° 22½′ | 9.9619865 |

Para hallar la Longitud, se substraeràn las partes Meridionales de 5°, de las de 1°, y quedaràn 238.5 por la diferencia en Latitud en partes Meridionales, y se dirà

| | | |
|---|---|---|
| El Radio | | 10.0000000 |
| es à la Tangente de | 23° 37½′ | 9.6408877 |
| como la difer. en Lat. en part. Merid. | 238.5 | 2.3774884 |
| à la Longitud AB | 104.3 | 2.0183761 |

## PROBLEMA V.

## Dadas la Latitud, y Longitud, hallar el Rumbo, y Distancia.

SUpongase, que de un Puerto, que està en la Latitud Norte 1 grado, se quiere navegar à otro, que està en la de 20, asimismo Norte; y que entre ellos haya 10 grados de diferencia en Longitud. La diferencia en Latitud en partes Meridionales serà de 1156.′7; y para hallar el Rumbo, dirémos

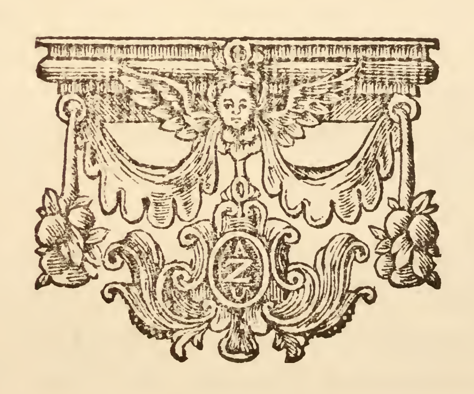
| | | |
|---|---|---|
| La dif.en Lat.en part.Merid. CA | 1156.′7 | 3.0632207 |
| es à la diferencia en Longit. AB | 600 | 2.7781513 |
| como el Radio | | 10.0000000 |
| à la Tangente del Rumbo ACB | 27° 25′ | 9.7149306 |

Para hallar la distancia, se reducirà primero por la Tabla de los grados, y arcos de Meridiano la diferencia en Latitud verdadera, à *Esphèrica*, y se hallarà èsta de 1132; y se dirà

| | | | |
|---|---|---|---|
| El Seno 2 del ang. del Rumbo ACB | $62^{\circ} 35'$ | 9.9482899 |
| es al Radio | | 10.0000000 |
| como la *dif. en Latitud Esphèrica* Ca | 1131 | 3.0538464 |
| à la diſtancia verdadera Cb | 1275 | 3.1055575 |

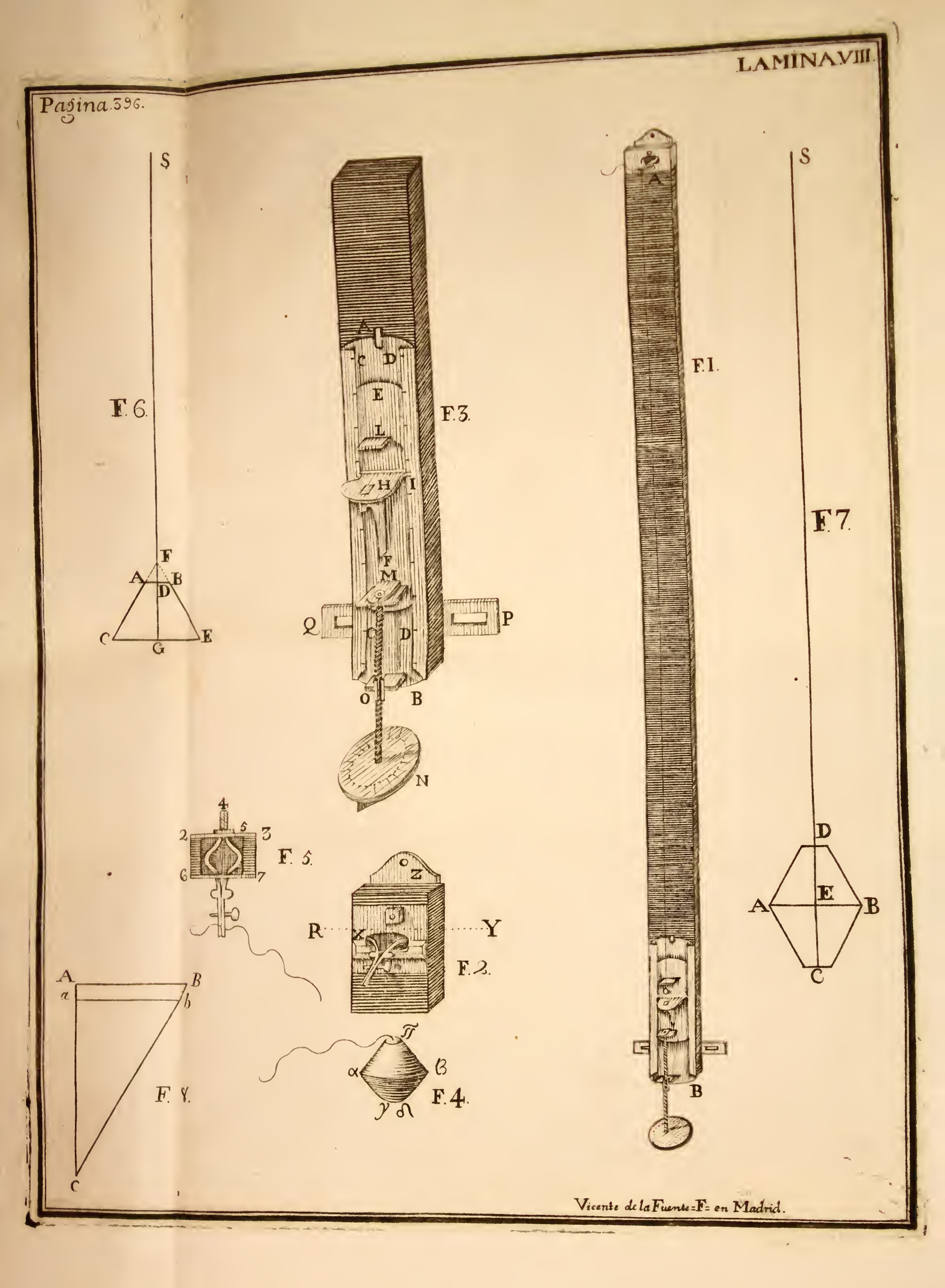
Eſtos ſon los unicos Problemas uſuales de Navegacion, porque los otros dos, que ſobre el Triangulo CAB ſe pueden formar, mas ſon de mera curioſidad, que de provecho; y aſsi ſerà mejor omitirlos, por no confundir los Pilotos, poco verſados; pues los que fueren habiles, podràn ellos miſmos reſolverlos, quedando inſtruìdos de lo que antes ſe dixo.

En quanto à la Navegacion Eſte Oeſte, no he pueſto Exemplo alguno, porque eſtos Problemas ſe deben reſolver ſegun el methodo antiguo, que conviene igualmente à èſte. Entre ellos ſe havrà notado una diferencia conſiderable, para los que aprecian la exactitud; y deſeo que ſu utilidad haga, que todos reflexionen ſobre el methodo, que huvieren de elegir, para la practica, y uſar, para el total acierto de coſa tan importante.

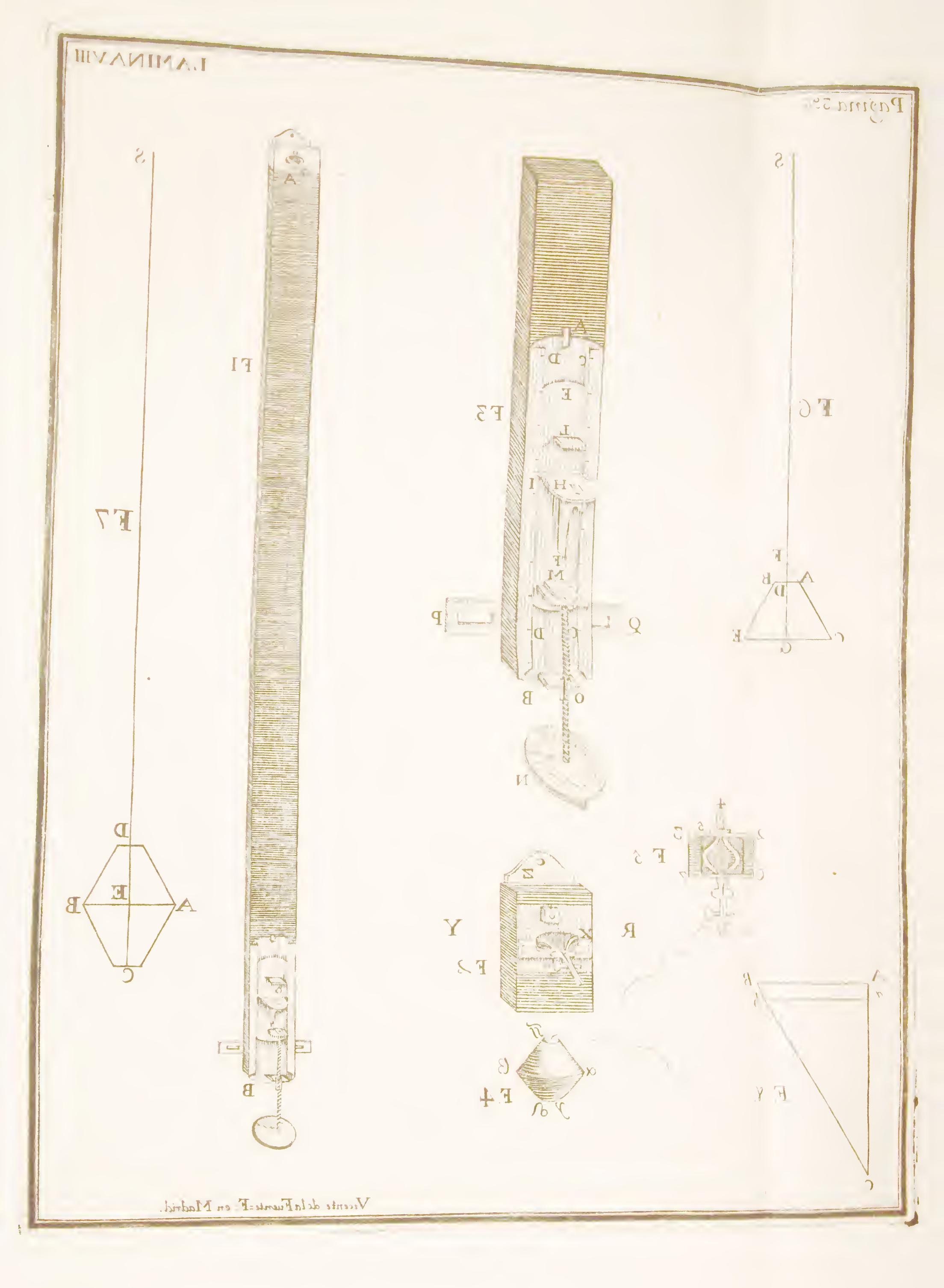


IN-

LAMINA.VIII.




Vicente de la Fuente = F.= en Madrid.



# INDICE
## Alphabetico de las Materias.

Los Numeros Romanos denotan las paginas de la Introduccion, y los otros las de la Obra.

# A



ſe

de-

# C



# D



Dia-

sus

Ee

maxi-

# G

La-

# M



Me-

# P



Pen-

# Q



# R



Se-

# S



# T

# V



# Y